Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

LE MÉTHANOL

Canada

janvier 1985

86-03106/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

OTTAWA
JANVIER 1985
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par le Service des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Methanol
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
N° de cat. En 48-10/32-1985F
ISBN 0-662-93431-8
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VIII
	Liste des tableaux	VIII
	Abréviations et symboles	IX
	Définitions	XI
	Sigles	XIII
1	**Résumé**	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	3
3	**Production, transport et commerce**	11
3.1	Qualités et teneurs	11
3.2	Fabricants situés au Canada	11
3.3	Autres fournisseurs	11
3.4	Centres de production et transport	12
3.5	Volume de production	12
3.6	Fabrication industrielle	12
3.6.1	Information générale	12
3.6.2	Extraction des matières premières	12
3.6.3	Traitement des matières premières	12
3.6.4	Procédé de fabrication	13
3.7	Principales utilisations au Canada et exportations	13
3.8	Principaux acheteurs au Canada	13
4	**Manutention du produit et compatibilité**	14
4.1	Citernes et autres récipients d'expédition	14
4.1.1	Transport en vrac	14
4.1.1.1	Wagons-citernes	14
4.1.1.2	Véhicules-citernes	14
4.1.2	Transport dans des fûts	14
4.2	Déchargement	14
4.2.1	Matériel et procédés de déchargement des wagons-citernes	14
4.2.2	Matériaux de fabrication des organes de déchargement et spécifications	18
4.3	Compatibilité entre le méthanol et certains matériaux	20
5	**Fuite et migration du produit**	22
5.1	Aperçu général	22
5.2	Fuite du produit	22
5.2.1	Introduction	22
5.2.2	Nomogrammes de la fuite	22
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps	22
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps écoulé	23
5.2.3	Exemples de calcul	23
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	23
5.3.1	Introduction	23
5.3.2	Nomogrammes de la diffusion du panache de vapeurs	26
5.3.2.1	Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe et de la température	26
5.3.2.2	Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent	29
5.3.2.3	Demi-largeur maximale du panache dangereux	29
5.3.2.4	Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé	34
5.3.3	Étapes du calcul	34
5.4	Comportement dans l'eau	36
5.4.1	Introduction	36

5.4.2	Nomogrammes de la diffusion du polluant dans l'eau	38
5.4.2.1	Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées	38
5.4.2.2	Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau	43
5.4.3	Exemples de calcul	43
5.4.3.1	Teneur en polluant dans un cours d'eau non soumis aux marées	43
5.4.3.2	Teneur en polluant dans les lacs au repos et autres plans d'eau	49
5.5	Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol	49
5.5.1	Introduction	49
5.5.2	Migration du polluant dans un sol à capacité au champ	49
5.5.3	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant	51
5.5.4	Types de sol	51
5.5.5	Nomogrammes de la migration	51
5.5.6	Exemple de calcul	51
6	**Protection de l'environnement**	57
6.1	Limites maximales admissibles	57
6.1.1	Qualité de l'eau	57
6.1.2	Qualité de l'air	57
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	57
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux États-Unis	57
6.2.2	Mesure de la toxicité	57
6.3	Autre toxicité dans l'air et sur terre	58
6.4	Dégradation du polluant	58
6.5	Devenir et effets à long terme	59
7	**Protection de la santé**	60
7.1	Normes d'exposition	61
7.2	Données sur les propriétés irritantes	61
7.2.1	Contact avec la peau	61
7.2.2	Contact avec les yeux	61
7.3	Données sur les propriétés organoleptiques	61
7.3.1	Odeur	61
7.3.2	Saveur	62
7.4	Études sur les effets toxiques	62
7.4.1	Inhalation	62
7.4.2	Ingestion	64
7.4.3	Absorption par voie sous-cutanée	64
7.4.4	Mutagénicité, tératogénicité et carcinogénicité	65
7.5	Symptômes et conséquences de l'intoxication	65
7.5.1	Inhalation	65
7.5.2	Ingestion	66
7.5.3	Contact avec la peau	66
7.5.4	Contact avec les yeux	66
8	**Compatibilité chimique**	68
8.1	Compatibilité entre la morpholine et divers agents	68
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	70
9.1	Mesures recommandées	70
9.1.1	Danger d'incendie	70
9.1.2	Moyens d'extinction	70
9.1.3	Mesures d'intervention en cas de déversement	70
9.1.3.1	Information générale	70
9.1.3.2	Déversement sur le sol	70
9.1.3.3	Déversement dans l'eau	71
9.1.4	Nettoyage et traitement	71
9.1.4.1	Information générale	71
9.1.5	Élimination du polluant	71
9.1.6	Appareils et vêtements de protection	71
9.1.7	Entreposage	72

10	**Cas de déversement accidentel**	74
10.1	Information générale	74
10.2	Déraillement d'un train	74
11	**Identification et dosage du polluant**	75
11.1	Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)	75
11.1.1	Chromatographie en phase gazeuse	75
11.2	Dosage du polluant présent dans l'eau (analyse quantitative)	75
11.2.1	Chromatographie en phase gazeuse	75
11.3	Dosage du polluant présent dans le sol (analyse quantitative)	76
11.3.1	Chromatographie en phase gazeuse	76
12	**Références et bibliographie**	77
12.1	Références	77
12.2	Bibliographie	82

LISTE DES FIGURES

1 Pression de vapeur en fonction de la température 7
2 Diagramme de phases du système CH_3OH . H_2O 8
3 Masse volumique des solutions en fonction de la température 9
4 Viscosité de la vapeur en fonction de la température 9
5 Viscosité du liquide en fonction de la température 10
6 Diagrammes de phases 10
7 Wagon-citerne de spécification 111A60W1 16
8 Fûts types 19
9 Wagon-citerne perforé au-dessous du niveau du liquide 23
10 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé 24
11 Débit de fuite en fonction du temps écoulé 24
12 Formation d'un panache de vapeurs 25
13 Étapes à suivre pour déterminer la zone dangereuse 27
14 Débit d'émission des vapeurs à différentes températures en fonction du rayon de la nappe 28
15 Teneur uniformisée en vapeurs en fonction de la distance sous le vent 30
16 Conversion des unités de la TLV® (ppm en g/m^3) 31
17 Conversion en g/m^3 du % volumique de la limite inférieure d'inflammabilité ... 32
18 Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé 35
19 Zone dangereuse maximale sous un vent invariable 37
20 Zone dangereuse maximale sous un vent variable 37
21 Étapes à suivre pour calculer la teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées 39
22 Distance en fonction du temps 40
23 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal 41
24 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique 42
25 Alpha en fonction du coefficient de distribution turbulente 44
26 Delta en fonction de alpha 45
27 Teneur maximale en fonction de delta 46
28 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique 47
29 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau 48
30 Migration dans le sous-sol 50
31 Plan d'utilisation des nomogrammes 52
32 Migration dans un sable grossier 53
33 Migration dans un sable limoneux 54
34 Migration dans un till argileux 55

LISTE DES TABLEAUX

1 Nomogrammes de la conversion 6
2 Spécifications CCT/DOT déterminant les modèles de wagons-citernes utilisés pour le transport du méthanol 15
3 Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 111A60W1 17
4 Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du méthanol 18
5 Compatibilité du méthanol et de certains matériaux de fabrication 21
6 Catégories météorologiques (de stabilité) 29
7 Demi-largeur maximale du panache dangereux de vapeurs de méthanol (à 20 °C) 33

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
B	Périmètre mouillé
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.*	Dose létale minimale
DL 50*	Dose létale moyenne
DT min.	Dose toxique minimale
et coll.	Et collaborateurs
eV	Électronvolt
f.n.éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
h	Hauteur
IDLH*	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	Jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
K_0	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé
k	Coefficient de perméabilité intrinsèque
l	Litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
M	Molaire
MAK*	Teneur maximale admissible
MAK-D*	Teneur maximale admissible
MAK-K*	Teneur maximale admissible – courte durée
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK*	Teneur maximale d'immission
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse moléculaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
N	Normal
Pa . s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL*	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL*	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._a$	Température ambiante
$temp._c$	Température critique
TE 50*	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50*	Teneur inhibitrice moyenne
TLm*	Tolérance moyenne
TL min.*	Teneur létale minimale
TL 50*	Teneur létale moyenne
TLV®*	*Threshold Limit Value*

TLV®- C*	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales
TT min.*	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
vol.	Volume
^{o}Bé	Degré Baumé
^{o}C	Degré Celsius
ϕ	Diamètre
x	Distance sous le vent
W	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

* Les abréviations suivies d'un astérique sont expliquées dans la section Définitions.

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bio-concentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV – *Short Term Exposure Limit*). –Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés

de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV®-C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV®-C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
DOT	Department of Transportation (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)
STCC	Standard Transportation Commodity Code (Amérique du Nord)

1 RÉSUMÉ

Méthanol (CH_3OH)

Le méthanol se présente comme un liquide limpide et incolore, dégageant une odeur d'alcool.

Synonymes
Alcool de bois, alcool méthylique, esprit de bois, méthylène, carbinol, hydrate de méthyle, monohydroxyméthane (syn. anglais: *methanol, methyl alcohol*).

Numéros d'identification
UN 1230; CAS 60-56-1; OHM-TADS 7216784; STCC 4909230

Qualités et titres
Pur (ou absolu): A ou AA titrant 99,85 p. 100 au minimum.
Catégorie solvant: titrant 90 à 99 p. 100.

Dangers immédiats
Incendie. – Le méthanol est inflammable. Un retour de flamme peut se produire le long de la traînée de vapeurs.
Effets sur l'homme. – Le méthanol est peu toxique au contact; sa toxicité est moyenne par inhalation.
Effets sur l'environnement. – Le méthanol est nocif pour les espèces aquatiques.

Données relatives aux propriétés physiques
État (15 °C, 1 atm): Liquide
Point d'ébullition: 64,7 °C
Point de fusion: -97,7 °C
Inflammabilité: Inflammable
Point d'éclair: 12-16 °C
Pression de vapeur: 17 kPa (25 °C)
Densité relative: 0,787 g/ml (25 °C)
Miscibilité à l'eau: Totale
Comportement (dans l'eau): Flotte et se mélange
Comportement (dans l'air): Vapeurs plus lourdes que l'air
Plage du seuil olfactif: 5 à 7000 ppm

Dangers pour l'environnement
Le méthanol est toxique pour les espèces aquatiques et les micro-organismes à des teneurs de l'eau au-dessus d'environ 1000 ppm. Le méthanol se biodégrade rapidement.

Dangers pour l'homme
Teneur maximale admissible (TLV®) établie par l'ACGIH: 200 ppm (260 mg/m^3) (peau)
Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH) établie par le NIOSH: 25 000 ppm
Effets en cas d'inhalation. – Irritation des voies respiratoires. L'inhalation provoque maux de tête, conjonctivite, fatigue, nausées, convulsions, dépression du système nerveux central, perte de conscience et peut entraîner la mort.
Effets en cas de contact. – Le contact prolongé avec l'épiderme peut causer des irritations. Absorbé, le méthanol produit des symptômes semblables à ceux de l'inhalation. Le contact avec les yeux peut provoquer des cas d'irritation, de vue brouillée et de conjonctivite.

Dispositions immédiates à prendre

• En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Afficher: «Produit inflammable et toxique». Appeler les pompiers. Prévenir le fabricant. Éliminer les causes possibles d'inflammation, dont la circulation des véhicules automobiles et la fonctionnement d'appareils divers. Arrêter l'écoulement et confiner la nappe de liquide, si cela ne présente aucun danger. Éviter tout contact avec le liquide et les vapeurs qu'il dégage. Se tenir face au vent, la nappe derrière soi. Empêcher toute eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau.

• En cas d'incendie

Ne pas tenter d'éteindre les flammes s'il n'est pas possible d'arrêter l'écoulement. Utiliser de la mousse anti-alcool, de la poudre sèche, de la neige carbonique, de l'eau pulvérisée ou un brouillard d'eau pour éteindre les flammes. Ne pas utiliser des jets d'eau directs. Refroidir avec de l'eau les récipients exposés aux flammes. Les récipients peuvent exploser à la chaleur du feu.

Mesures d'intervention d'urgence

• Méthanol répandu sur le sol

Construire des barrages pour confiner la nappe ou la diriger vers des surfaces imperméables. Enlever le produit au moyen de pompes ou d'aspirateurs. Absorber ce qui reste à l'aide de sorbants synthétiques ou naturels.

• Méthanol déversé dans l'eau

Confiner la nappe au moyen de barrages, d'ouvrages de dérivation ou d'obstacles naturels. Récupérer l'eau fortement polluée pour l'épurer si possible.

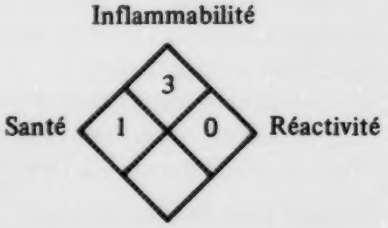
• Méthanol émis dans l'atmosphère

Utiliser un jet d'eau pour abattre les vapeurs. Confiner l'eau de ruissellement afin de pouvoir l'épurer ou l'enlever par la suite.

Niveau de gravité du risque selon la NAS

(Catégorie)	(Niveau)
Incendie	3
Santé	
Irritation causée par des vapeurs	1
Irritation causée par le produit à l'état liquide ou solide	1
Intoxications	2
Pollution de l'eau	
Toxicité pour l'homme	1
Toxicité pour les espèces vivantes du milieu aquatique	1
Atteinte à l'esthétique de l'environnement	1
Réactivité	
Autres produits chimiques	2
Eau	0
Réaction spontanée	0

Évaluation du risque selon la NFPA



Champ inférieur vide: utiliser l'eau comme moyen d'extinction

2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Aspect	Liquide clair, incolore et mobile (Celanese PB)
État à l'expédition	Liquide (Celanese PB)
État d'agrégation (15 °C; 1 atm)	Liquide
Variables d'état	
Point de congélation	-97,68 °C (Kirk-Othmer, 1981)
Point d'ébullition	64,70 °C (Kirk-Othmer, 1981)
Pression de vapeur	12,8 kPa (20 °C) (Celanese PB) 16,96 kPa (25 °C) (Liley, 1982)
Masse volumique et densité	
Masse volumique	0,78663 g/ml (25 °C) (Kirk-Othmer, 1981)
Densité relative du liquide (eau = 1)	0,7923 (20°/20 °C) (Celanese PB)
Densité relative de la vapeur (air = 1)	1,11 (Celanese PB)
Propriétés relatives à la combustion	
Inflammabilité	Liquide inflammable (NFPA, 1978)
Point d'éclair	
Coupelle fermée	11 °C (NFPA, 1978) 12 °C (Kirk-Othmer, 1981)
Coupelle ouverte	15,6 °C (ISH, 1977)
Température d'inflammation spontanée	385 °C (NFPA, 1978) 470 °C (Kirk-Othmer, 1981; Ullmann, 1975)
Vitesse de combustion	1,7 mm/mn (CHRIS, 1979)
Limite supérieure d'inflammabilité	36 p. 100 (vol./vol.) (NFPA, 1978) 36,5 p. 100 (vol./vol.) (Ullmann, 1975)
Limite inférieure d'inflammabilité	6,0 p. 100 (vol./vol.) (NFPA, 1978)
Caractéristique de la combustion	Flamme bleuâtre non lumineuse (Merck, 1976)
Chaleur de combustion	723 kJ/mol (25 °C) (CRC, 1980)
Produits de la combustion	Dioxyde de carbone et eau (CRC, 1980)
Autres propriétés	
Masse moléculaire du corps pur	32,04 (CRC, 1980)
Composition caractéristique de la qualité commerciale	Pur (ou absolu): titrant 99,85 p. 100 au moins de CH_3OH (Celanese PB) Catégorie solvant: titrant 90 à 99 p. 100 de CH_3OH
Indice de réfraction	1,3288 (20 °C) (CRC, 1980)
Viscosité	0,614 mPa . s (20 °C) (Celanese PB)
Tension superficielle avec l'air	22,55 mN/m (20 °C) (Celanese PB)
Chaleur latente de fusion	3,3 kJ/mol (au point de fusion) (Kirk-Othmer, 1981)
Chaleur latente de sublimation	37,4 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)

Chaleur latente de vaporisation	36,17 kJ/mol (au point d'ébullition) (Kirk-Othmer, 1981)
Énergie libre de formation	-161,8 kJ/mol (25 °C) (Kirk-Othmer, 1981)
Chaleur de formation	Liquide: -249,1 kJ/mol (25 °C) (Sussex, 1977)
	Gaz: -201,4 kJ/mol (Ullmann, 1975)
Potentiel d'ionisation	10,85 eV (Rosenstock, 1977)
Chaleur de dissolution	-672 kJ/mol (CHRIS, 1978)
Capacité thermique massique à pression constante	Liquide: 81,16 J/(mol . °C) (25 °C) (Kirk-Othmer, 1981)
	Gaz: 43,89 J/(mol . °C) (25 °C) (Kirk-Othmer, 1981)
à volume constant	65 J/(mol . °C) (25 °C) (CRC, 1980; CHRIS, 1978)
Pression critique	8096 kPa (Kirk-Othmer, 1981)
Température critique	239,4 °C (Kirk-Othmer, 1981)
Coefficient de dilatation volumique	$1{,}24 \times 10^{-3}$ °C (55 °C) (Celanese PB)
Conductivité thermique	0,202 W/(m . K) (25 °C) (Kirk-Othmer, 1981)
Teneur saturante	166 g/m^3 (20 °C), 270 g/m^3 (30 °C) (Verschueren, 1984)
Constante diélectrique	32,7 (25 °C) (Kirk-Othmer, 1981)
Entropie	Liquide: 126,9 J/(mol . K) (Ullmann, 1975)
	Gaz: 241,5 J/(mol . K) (25 °C) (Ullmann, 1975)
Équation de la pression de vapeur	Dans P = $15{,}76 - \frac{2846}{T} - \frac{3{,}743 \times 10^5}{T^2} + \frac{2{,}189 \times 10^7}{T^3}$ P est la pression en kPa; T est la température en K (Kirk-Othmer, 1981)
Diffusivité	0,132 cm^2/s (0 °C) (Perry, 1973)
	$1{,}6 \times 10^{-5}$ cm^2/s (dans l'eau à 25 °C) (Perry, 1973)
$\log_{10}$ du coefficient de partage octanol/eau	- 0,77 (Hansch et Leo, 1979)
Vitesse d'évaporation	1,2 g/(m^2 . s) (20 °C, vent 4,5 m/s) (dans le présent ouvrage)
Solubilité, miscibilité	
Eau	Miscible en toutes proportions (Celanese PB)
Autres corps	Miscible aux alcools et à l'éther (Celanese PB). Miscible à l'acétone et très soluble dans le benzène (CRC, 1980).

Azéotropes

Le méthanol forme un certain nombre d'azéotropes dont voici les plus utiles (Ullmann, 1975):

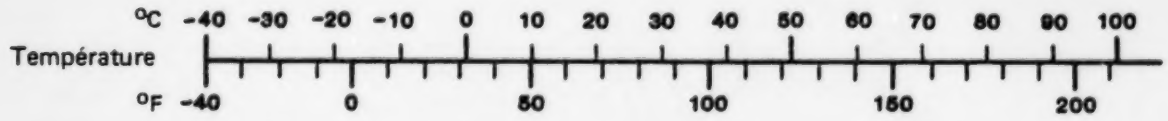
Produit	% de méthanol	Pt ébul.
Acétone	12	55,7
n-Pentane	15,5	30,4
Benzène	39,1	57,5
Toluène	69	63,8
Tétrachlorure de carbone	20	55,7
Trichloroéthylène	38,0	59,4
Chlorure de méthylène	7,3	37,8

Facteur de conversion pour les vapeurs

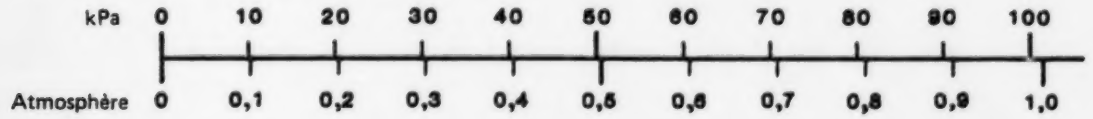
1 ppm = 1,330 mg/m^3 (20 ^{o}C) (Verschueren, 1984).

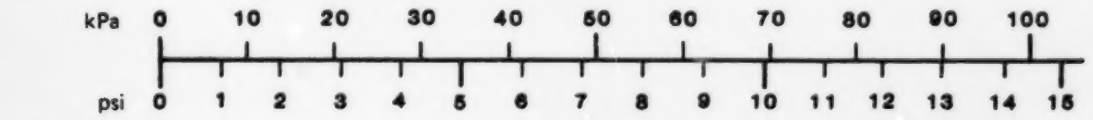
Tableau 1

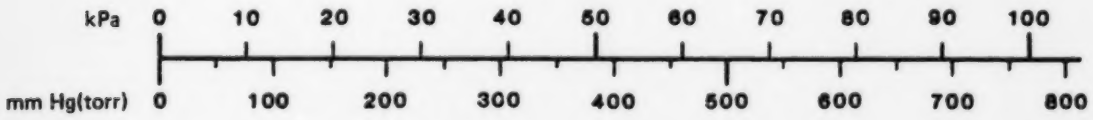
MÉTHANOL — **NOMOGRAMMES DE CONVERSION**



Pression — 1 kPa = 1000 Pa







Viscosité

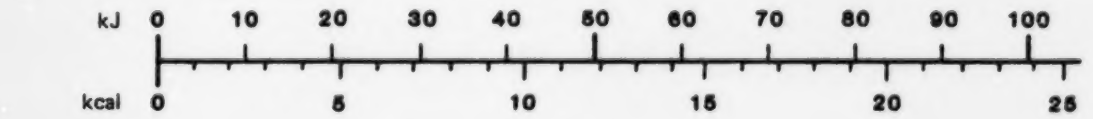
Dynamique — 1 Pa·s = 1000 centipoises (cPo)

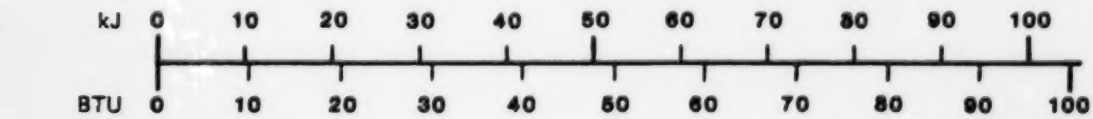
Cinématique — 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)

1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) — 1 kJ = 1000 J





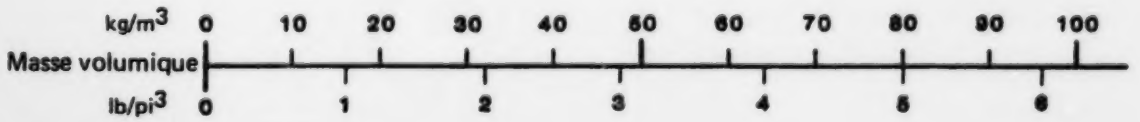


Figure 1

MÉTHANOL — **PRESSION DE VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Source: Chem. Eng., 1976

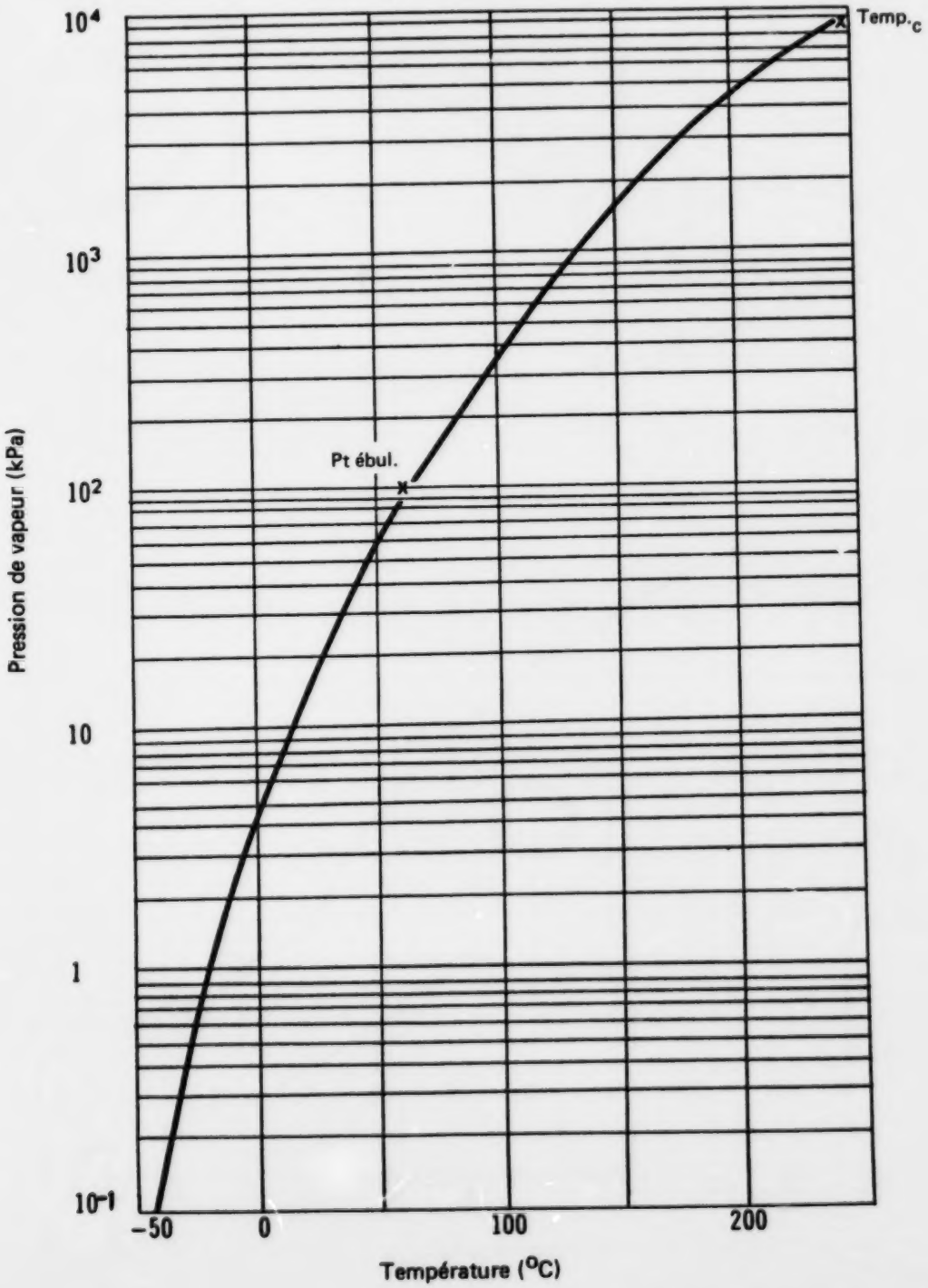


Figure 2

MÉTHANOL — **DIAGRAMME DE PHASES DU SYSTÈME $CH_3OH . H_2O$**

Sources: ISH, 1977; Ullmann, 1975

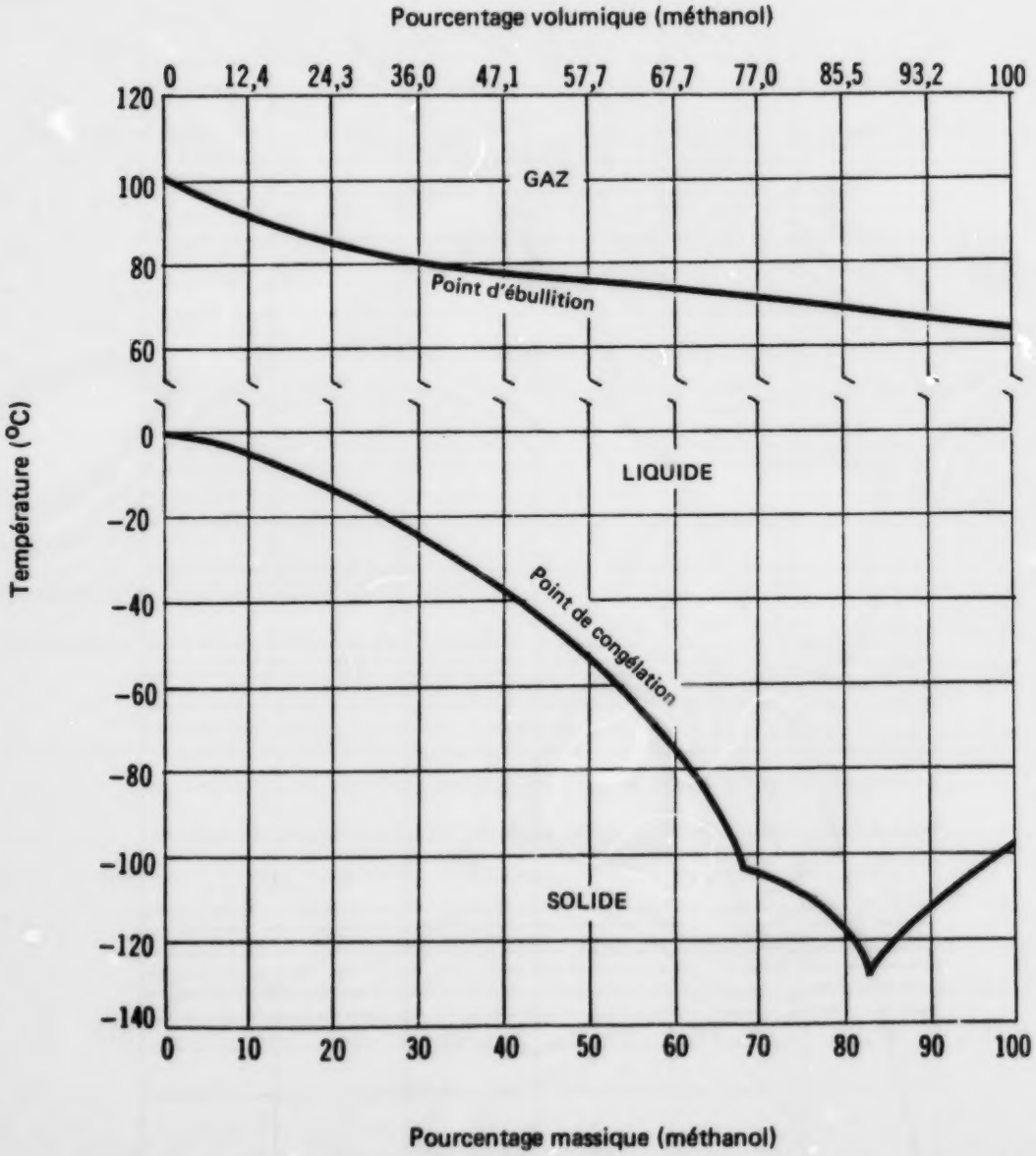


Figure 3

MÉTHANOL — **MASSE VOLUMIQUE DES SOLUTIONS**

Source: ISH, 1977

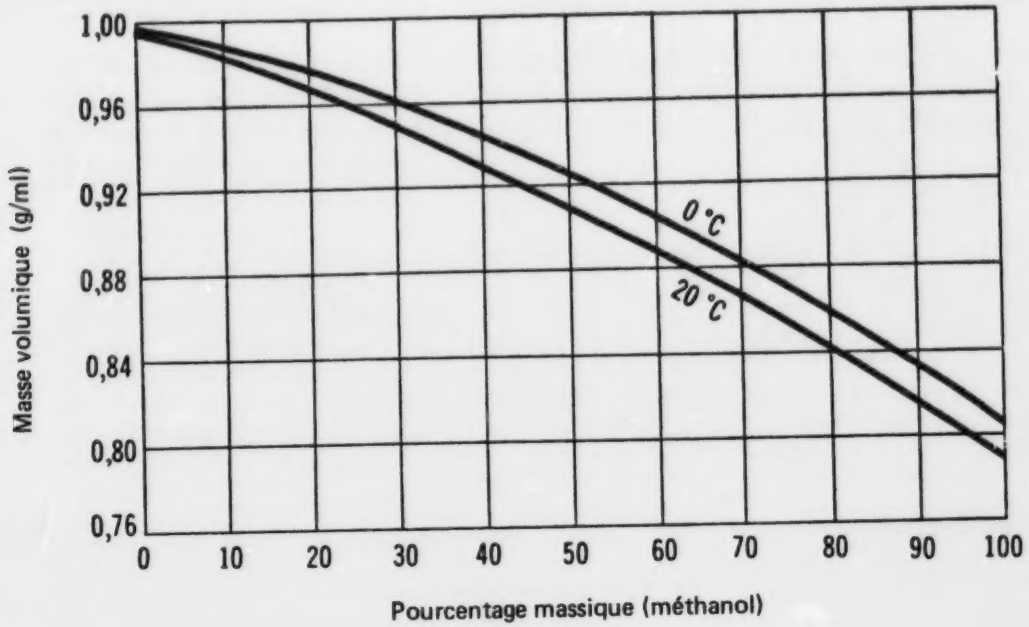


Figure 4

MÉTHANOL — **VISCOSITÉ DE LA VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Source: Chem. Eng., 1976

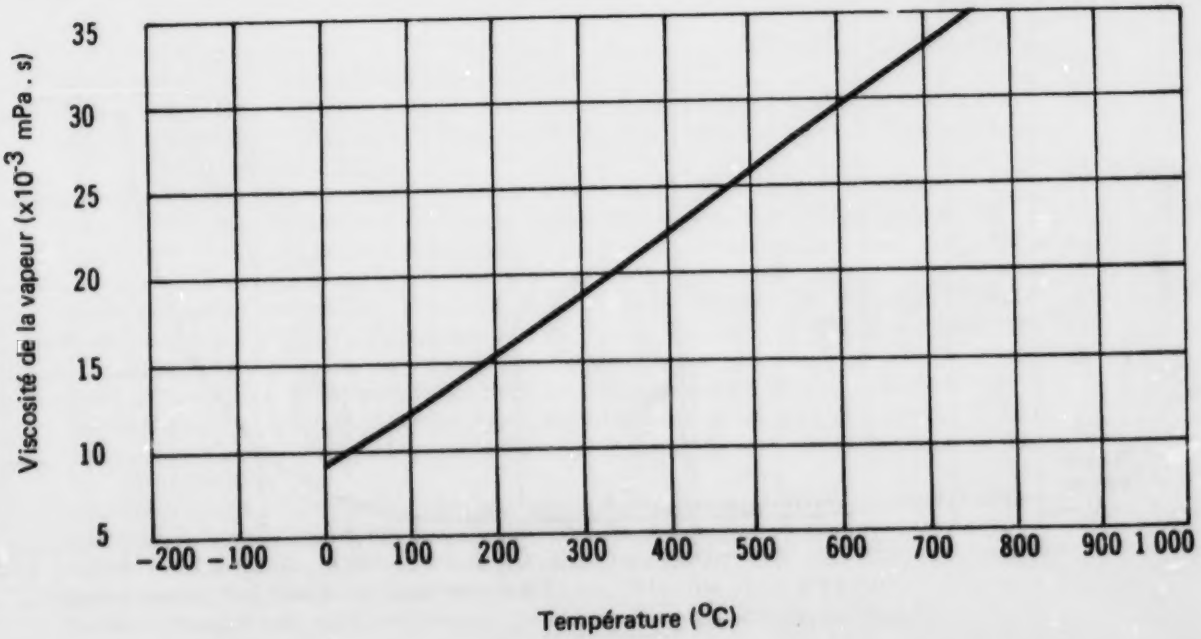


Figure 5

MÉTHANOL — **VISCOSITÉ DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Source: Chem. Eng., 1976

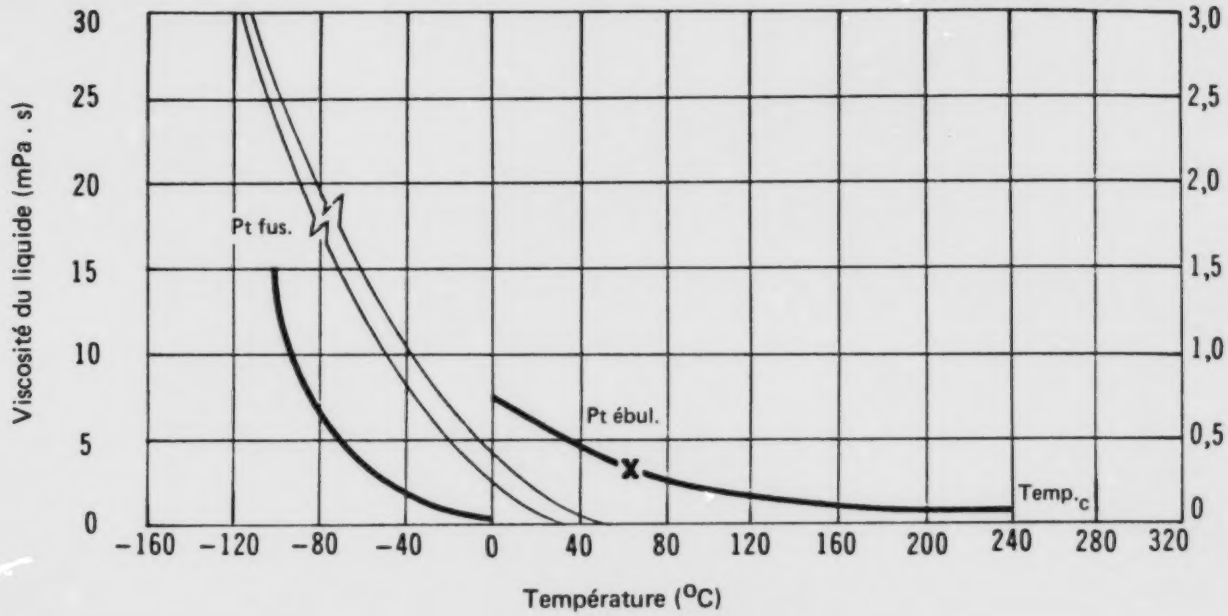
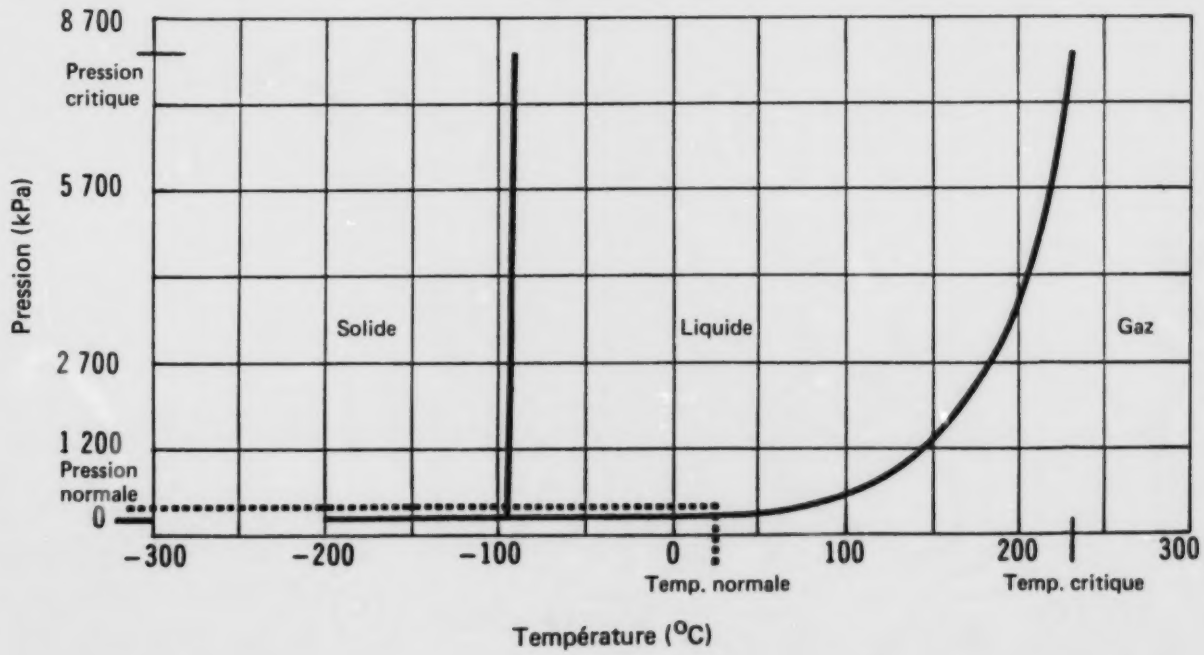


Figure 6

MÉTHANOL — **DIAGRAMME DE PHASES**



3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et teneurs (Kirk-Othmer, 1981; Ullmann, 1975; Celanese PB)

Le méthanol du commerce est de qualité pur ou solvant. La qualité solvant peut varier d'une teneur en méthanol de 90 à 99 p. 100. Le méthanol pur se vend en catégories A ou AA (quelquefois appelées respectivement catégorie régulière et catégorie de premier choix). Voici les compositions de ces catégories.

Composition/densité	A	AA
Teneur minimale en méthanol	99,85 p. 100	99,85 p. 100
Teneur maximale en acétone et aldéhydes	30 ppm	30 ppm
Teneur maximale en acétone		20 ppm
Teneur maximale en éthanol		10 ppm
Teneur maximale en acide (sous forme d'acide acétique)	30 ppm	30 ppm
Teneur maximale en eau	1500 ppm	1000 ppm
Densité (20/20 °C)	0,7928	0,7928

3.2 Fabricants situés au Canada (Corpus, 1984; CBG, 1980; Chemfacts, 1982)

Les adresses qui suivent sont celles de sièges sociaux et ne sont pas destinées à servir comme premier recours en cas de déversement.

Alberta Gas Chemicals Ltd., 11456 Jasper Avenue, Suite 400, Edmonton, Alberta, T5K 0M1, (403) 482-6361
Celanese Canada Inc., 800 boul. Dorchester Ouest, Montréal, Québec, H3C 3K8, (514) 878-1581
Ocelot Industries Ltd., BP House, 333 Fifth Avenue SW, Calgary, Alberta, T2P 0S2, (403) 261-2000

3.3 Autres fournisseurs (CBG, 1980; Corpus, 1984)

A & K Petro-Chem Industries Ltd., 710 Arrow Road, Weston, Ontario, M9M 2M1, (416) 746-2991
Anachemia Ltd., B.P. 147, Lachine, Québec, H8S 4A7, (514) 489-5711
Arliss Chemical Co. Inc., 325, boul. Hymus, Pointe-Claire, Québec, H9R 1G8, (514) 694-2170
Ashland Chemical/Solvents Division, Valvoline Oil & Chemical, 150 Bronoco Avenue, Toronto, Ontario, M6E 4Y1, (416) 651-2822
Bates Chemical Co. Ltd., 160 Lesmill Road, Don Mills, Ontario, M3B 2T7, (416) 445-7050
Bayer (Canada) Inc., 7600, route Trans-Canada, Pointe-Claire, Québec, H9R 1C8, (514) 697-5550
Borden Chemical Canada, Division of Borden Products Ltd., 595 Coronation Drive West, West Hill, Ontario, M1E 2K4, (416) 286-1000
Canada Colours & Chemicals Ltd., 80 Scarsdale Road, Don Mills, Ontario, M3B 2R7, (416) 924-6831
Ceda Research Ltd., Division Ceda Manufacturers and Sales, 626-58 Avenue SE, Calgary, Alberta, T2H 0P8, (403) 253-4333
Degussa (Canada) Ltd., 3370 South Service Road, Burlington, Ontario, L7N 3M6, (416) 639-5710
DuPont Canada Inc., 555 boul. Dorchester Ouest, Montréal, Québec, H3C 2V1, (514) 861-3861
Esso Chemical Canada, Division of Imperial Oil Ltd., 2300 Yonge Street, Toronto, Ontario, M5W 1K3, (416) 488-6600
Harrisons & Crosfield (Canada) Ltd., 4 Banigan Drive, Toronto, Ontario, M4H 1G1, (416) 425-6500
International Chemical Canada Ltd., P.O. Box 385, Brampton, Ontario, L6V 2L3, (416) 453-4234
Mallinckrodt Canada Inc., 600, Avenue Delmar, Pointe-Claire, Québec, H9W 1E6, (514) 695-1220
Recochem Inc., 850, Montée de Liesse, Montréal, Québec, H4T 1P4, (514) 341-3550
Shefford Chemicals Ltd., 1028, rue Principale, Granby, Québec, J2G 8C8, (514) 378-0125

Shell Canada Ltd., 505 University Avenue, Toronto, Ontario, M5G 1X4, (416) 866-7111
Stanchem Division, 5029, rue Saint-Ambroise, Montréal, Québec, H4C 2E9, (514) 933-6721
Stormont Chemicals Ltd., 5845 Fourth Line East, Mississauga, Ontario, L4W 2K5, (416) 677-1335
Syndel Laboratories Ltd., 8879 Selkirk Street, Vancouver, Colombie-Britannique, V6P 4J6, (604) 266-7131
Travis Chemicals, 715 5th Avenue SW, E 1710, Calgary, Alberta, T2C 2X6, (403) 263-8660
Van Waters & Rogers Ltd., 9800 Van Horne Way, Richmond, Colombie-Britannique, V6X 1W5, (604) 273-1441

3.4 Itinéraires utilisés pour le transport

Tout le méthanol produit au Canada provient de l'Alberta, de l'Ontario et de la Colombie-Britannique. Le méthanol est surtout transporté dans des wagons-citernes. Des quantités appréciables sont néanmoins exportées par voie maritime à partir des ports de Vancouver et de Montréal. Une partie considérable des exportations est acheminée aux U.S.A. par chemin de fer.

3.5 Volume de production (Corpus, 1984)

Capacité nominale comparée au total des approvisionnements

Société, emplacement de l'usine	Capacité nominale, kilotonnes/an (1983)
Alberta Gas Chemical, Medicine Hat, Alberta	760
Celanese Canada, Edmonton, Alberta	700
Celanese Canada, Millhaven, Ontario	4,5
Ocelot Industries Kitimat, Colombie-Britannique	360
Total de la capacité nominale	1824,5
Production nationale (1983)	1652
Importations (1983)	7
Total des approvisionnements	1659

3.6 Fabrication industrielle (FKC, 1975; Kirk-Othmer, 1981)

3.6.1 Information générale. – Le méthanol est produit par réaction catalytique du gaz de synthèse (un mélange composé principalement de monoxyde de carbone et d'hydrogène) avec de l'hydrogène. Un des producteurs produit son gaz de synthèse à partir du naphte et tous les autres, à partir du gaz naturel.

3.6.2 Extraction des matières premières. – Étant donné que les catalyseurs utilisés dans la fabrication du gaz de synthèse sont vulnérables à l'empoisonnement par le soufre, le gaz naturel est traité à l'hydrogène pour convertir les composés organiques sulfurés en sulfure d'hydrogène. Les produits de ce procédé passent ensuite dans une solution d'amine qui absorbe le sulfure d'hydrogène.

3.6.3 Traitement des matières premières. – Le gaz naturel désulfuré réagit par catalyse avec la vapeur pour former un produit contenant de l'hydrogène et du monoxyde de carbone, avec une certaine quantité de méthane non utilisé et de dioxyde de carbone. Le catalyseur est souvent de la céramique imprégnée de nickel. La température d'entrée est de 425 à 550 °C; à la sortie, la température atteint 840 à 880 °C à 700 à 1700 kPa:

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$$

La réaction produit plus d'hydrogène qu'il n'en faut pour la formation du méthanol. L'excédent peut être utilisé pour le traitement à l'hydrogène (ci-dessus), ou encore comme combustible pour produire la chaleur de traitement; on peut également ajouter du dioxyde de carbone au gaz de synthèse pour obtenir un rapport carbone/hydrogène plus favorable.

3.6.4 Procédé de fabrication. – Le gaz de synthèse est refroidi, comprimé, et il réagit, généralement à 5000 à 10 000 kPa et à 200 à 300 °C, en présence d'un catalyseur à base de cuivre:

$$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH \text{ (+sous-produits)}$$

En général, environ 2,5 p. 100 du mélange de réactionnel est converti en méthanol. Celui-ci est condensé et le mélange de réaction est ensuite recyclé sur des lits de catalyseur. Le produit de la réaction condensée est purifié par distillation, généralement dans plusieurs colonnes qui permettent d'éliminer les gaz, l'eau, le diméthyléther, les huiles de fusel et les alcools à plusieurs carbones.

3.7 Principales utilisations au Canada et exportations (Corpus, 1984)

Le méthanol est utilisé comme intermédiaire chimique dans la fabrication du formaldéhyde, de l'acide acétique et du glycolméthyléther; comme assécheur de pipeline; comme solvant et dégivreur; dans la production de méthylamines et du dioxyde de chlore; et comme carburant d'automobile. En 1983, 86 p. 100 de la production nationale ont été exportés; 9 p. 100 ont été utilisés pour la production de formaldéhyde; et 2 p. 100, pour l'assèchement des pipelines.

3.8 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1984)

Abitibi-Price, Smooth Rock Falls, Ont.
Alberta Natural Gas, Calgary, Alb.
Alberta & Southern, Calgary, Alb.
Ashland Chemical, Mississauga, Ont.
Bakelite Thermosets, Belleville, Ont.
Bate Chemical, Toronto, Ont.
Borden Chemical, Toronto, North Bay, Ont.
CP Rail, Montréal, Qc
Canadien National, Montréal, Qc
Canada Colors & Chemicals, Toronto, Ont.
Celanese Canada, Edmonton, Alb.
Chinook Chemical, Sarnia, Ont.
Cisco, Toronto, Ont.
Domtar, Cornwall, Ont.
Esso Chemical Canada, Toronto, Ont.
Fraser, Edmunston, N.-B.
Gulf Canada, Toronto, Ont.
Hall Chemical, Montréal, Qc
Harrisons & Crosfield, Toronto, Ont.
Kert Chemical, Toronto, Ont.
Laurentide Chemicals, Shawinigan, Qc
Linwo Industries, Toronto, Ont.; Edmonton, Alb.
Nova, Calgary, Alb.
Quality Oils, Montréal, Qc
Recochem, St-Rémi de Napierville, Qc
Reichhold, North Bay, Thunder Bay, Ont.
Shefford Chemicals, Granby, Qc
Shell Canada, Toronto, Ont.
Stanchem, Montréal, Qc
Stormont Chemicals, Mississauga, Ont.
TransCanada Pipelines, Toronto, Ont.
Van Waters & Rogers, Vancouver, C.-B.
Westcoast Transmission, Vancouver, C.-B.

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Citernes et autres récipients d'expédition

4.1.1 Transport en vrac. – Le transport en vrac se fait par wagons-citernes et véhicules-citernes. Au Canada, une bonne partie de la production de méthanol est transportée par wagons-citernes.

4.1.1.1 Wagons-citernes. – Les modèles de wagons-citernes utilisés pour le transport du méthanol sont décrits au tableau 2 (RTDCR, 1974). Un wagon-citerne de spécification 111A60W1 utilisé pour le transport du méthanol est illustré à la figure 7; les caractéristiques de ce wagon-citerne sont données au tableau 3. Le déchargement se fait par pompage ou par l'action de la pesanteur par des orifices de déchargement par le bas. Outre le déchargement par le bas, les wagons peuvent être déchargés par le haut à l'aide d'une pompe. Dans ce cas, le liquide passe par une conduite qui va du fond de la citerne à la plate-forme de dôme où elle se termine par un robinet de déchargement. L'air comprimé n'est jamais utilisé pour le déchargement de ces wagons-citernes (MCA, 1970).

Une soupape de sécurité réglée à 414 kPa (60 lb/po^2) est requise sur le dessus du wagon-citerne (TCM, 1979). Un indicateur de niveau à tige ou à ruban est requis. Le raccord de déchargement par le haut doit être protégé par un manchon de protection.

4.1.1.2 Véhicules-citernes. – Le méthanol est transporté dans des véhicules routiers équipés de citernes qui ne sont pas sous pression (TDGC, 1980). La pression nominale de ces citernes ne dépasse pas 14 kPa (2 lb/po^2). Les véhicules-citernes utilisés pour le transport du méthanol sont semblables aux wagons-citernes décrits ci-dessus. Les citernes sont généralement déchargées par pompage par une conduite de déchargement par le haut. L'air comprimé n'est jamais utilisé (MCA, 1970). L'équipement et la technique de déchargement sont semblables à ceux des wagons-citernes (voir § 4.2.1).

4.1.2 Transport dans des fûts. – Le méthanol est transporté non seulement en vrac mais aussi dans des fûts, faits de divers matériaux (TDGC, 1980). Ces fûts sont décrits au tableau 4.

4.2 Déchargement

4.2.1 Matériel et procédés de déchargement des wagons-citernes. – Avant de procéder au déchargement, il importe de prendre les précautions suivantes (MCA, 1970):

- S'assurer que le réservoir de stockage mis à l'air libre peut recevoir tout le contenu du wagon-citerne;
- Si le déchargement se fait la nuit, les dispositifs d'éclairage doivent être anti-déflagrants;
- Les employés ne doivent en aucun cas pénétrer dans la citerne;
- Les freins doivent être serrés et les roues, calées; les déraillleurs doivent être en place et les écriteaux d'avertissement, installés;
- Le poste de déchargement doit être doté d'un quai de service offrant toutes les conditions de sécurité;
- Les outils utilisés au cours du déchargement doivent être anti-étincelants;
- Le wagon-citerne doit être pourvu d'une mise à la terre.

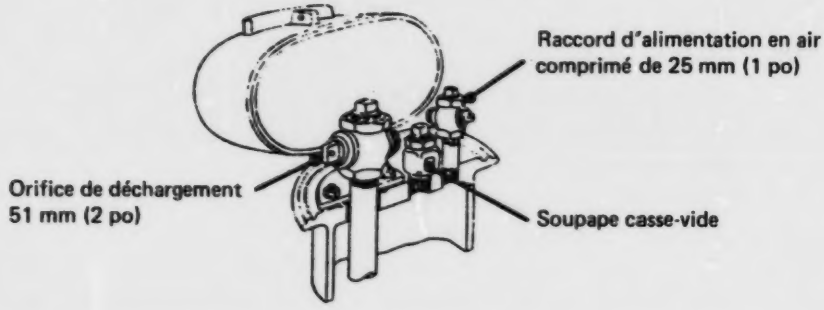
Tableau 2
Spécifications CCT/DOT déterminant les modèles de wagons-citernes utilisés pour le transport du méthanol

Spécification	Matériau de fabrication de la citerne	Isolation	Pression d'épreuve kPa (psi)	Dôme	Orifice de déchargement par le bas	Orifice de vidange par le bas	Indicateur de niveau
103W	Acier	Facultative	414 (60)	Requis	Facultatif	Facultatif	Facultatif
103ALW	Alliage d'aluminium	Facultative	414 (60)	Requis	Facultatif	Facultatif	Facultatif
104W	Acier	Facultative	414 (60)	Requis	Facultatif	Facultatif	Facultatif
105A100W	Acier	Requise	690 (100)	Aucun	Interdit	Interdit	Standard
105A100ALW	Alliage d'aluminium	Requise	690 (100)	Aucun	Interdit	Interdit	Standard
109A100ALW	Alliage d'aluminium	Facultative	690 (100)	Aucun	Interdit	Facultatif	Standard
111A60W1	Acier	Facultative	414 (60)	Aucun	Facultatif	Facultatif	Requis
111A60ALW1	Alliage d'aluminium	Facultative	414 (60)	Aucun	Facultatif	Facultatif	Requis
111A60F1	Acier	Facultative	414 (60)	Aucun	Facultatif	Facultatif	Requis
111A100W3	Acier	Requise	690 (100)	Aucun	Facultatif	Facultatif	Requis
111A100W4	Acier	Requise	690 (100)	Aucun	Interdit	Interdit	Requis
111A100W6	Alliage d'acier	Facultative	690 (100)	Aucun	Facultatif	Facultatif	Requis
112A200W	Acier	Aucune	1380 (200)	Aucun	Interdit	Interdit	Standard
112A400F	Acier	Aucune	2760 (400)	Aucun	Interdit	Interdit	Standard
114A340W	Acier	Aucune	2340 (340)	Aucun	Facultatif	Facultatif	Standard

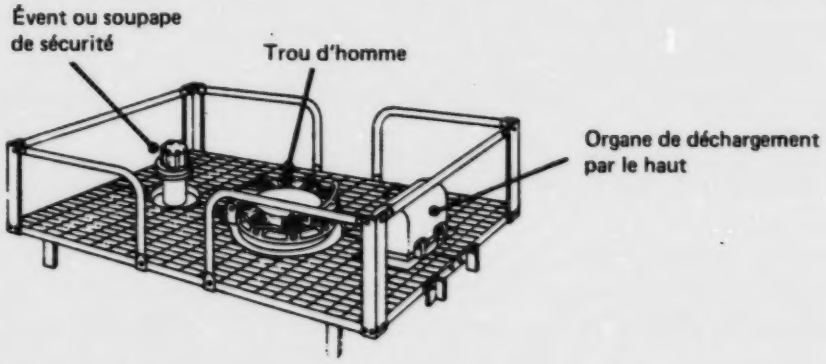
Figure 7

MÉTHANOL — **WAGON-CITERNE DE SPÉCIFICATION 111A60W1**

Sources: TCM, 1979; RTDCR, 1974



Détail des organes de déchargement par le haut



Détail de la plate-forme

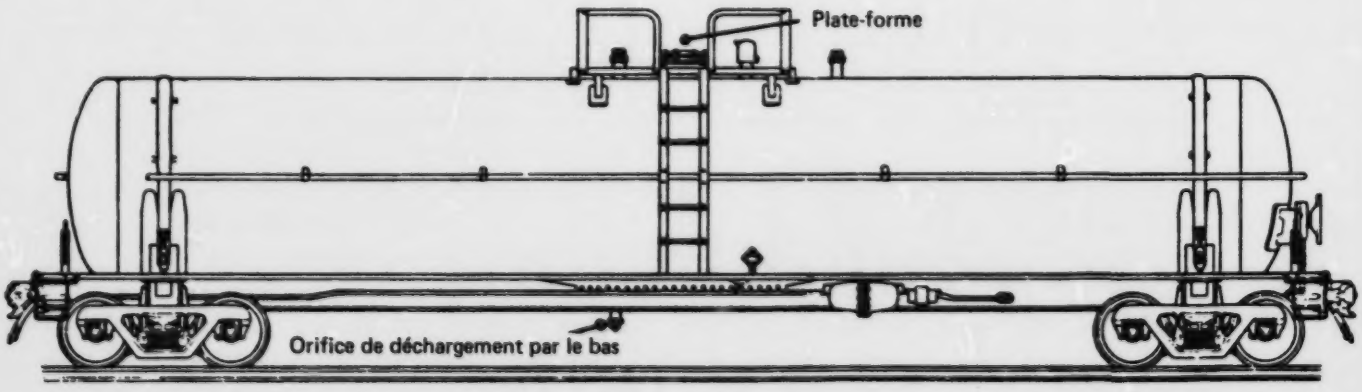


Tableau 3
Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 111A60W1
(TCM, 1979; RTDCR, 1974)

Description	Capacité nominale de la citerne (gal imp.)		
	16 700	17 200	20 000
Structure			
Capacité nominale	75 700 l (16 700 gal)	78 000 l (17 200 gal)	90 900 l (20 000 gal)
Tare (poids à vide)	33 900 kg (74 700 lb)	33 900 kg (74 700 lb)	38 900 kg (85 800 lb)
Masse brute maximale	119 000 kg (263 000 lb)	83 500 kg (184 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Citerne			
Matériau	Acier	Acier	Acier
Épaisseur	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)
Diamètre intérieur	2,60 m (102 po)	2,62 m (103 po)	2,74 m (108 po)
Pression d'épreuve	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)
Pression d'éclatement	1640 kPa (240 psi)	1640 kPa (240 psi)	1640 kPa (240 psi)
Dimensions approximatives			
Longueur avec organes d'attelage	17 m (57 pi)	17 m (57 pi)	18 m (60 pi)
Longueur avec pylônes de choc	16 m (53 pi)	16 m (53 pi)	17 m (57 pi)
Longueur entre pivots de bogie	13 m (42 pi)	13 m (42 pi)	14 m (45 pi)
Hauteur au sommet du caillebotis	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout (avec poignées)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)
Longueur du caillebotis	2-3 m (8-10 pi)	2-3 m (8-10 pi)	2-3 m (8-10 pi)
Largeur du caillebotis	1,5-2 m (5-6 pi)	1,5-2 m (5-6 pi)	1,5-2 m (5-6 pi)
Déchargement par le haut			
Raccord de déchargement	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)
Orifice de remplissage/ trou d'homme	203-356 mm (8-14 po)	203-356 mm (8-14 po)	203-356 mm (8-14 po)
Raccord d'arrivée d'air	25-51 mm (1-2 po)	25-51 mm (1-2 po)	25-51 mm (1-2 po)
Déchargement par le bas			
Orifice de déchargement par le bas	102-152 mm (4-6 po)	102-152 mm (4-6 po)	102-152 mm (4-6 po)
Dispositifs de sécurité	Évent ou soupape de sécurité		
Dôme	Aucun		
Isolation	Facultative		

Tableau 4
Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du méthanol

Catégorie	Code	Description	Figure
Acier	1A1	Dessus non amovible, réutilisable	8
	1A1A	1A1 avec rebords renforcés	8
	1A1B	1A1 avec collerette de fermeture soudée	8
	1A1D	1A1 avec revêtement intérieur (autre que le plomb)	8
	1A2	Dessus amovible, réutilisable	8
	1A3	Dessus non amovible, non réutilisable	8
Monel*	TC5M		
Aluminium	1B1	Dessus non amovible	8
	1B2	Dessus amovible	8
Fûts en acier avec récipient intérieur en matière plastique	6HA1	Tôle extérieure en acier en forme de fût. Récipient intérieur en matière plastique. Contenance de 225 l	
Fûts en carton avec récipient intérieur en matière plastique	6HG1	Récipient extérieur en carton, de fabrication convolute (plusieurs épaisseurs enroulées concentriquement). Récipient intérieur en matière plastique en forme de fût. Contenance de 225 l	

* Voir § 4.3

Les wagons-citernes peuvent être déchargés soit par le haut, soit par le bas.

Le déchargement par le haut comporte les étapes suivantes:

- Abaisser la pression de vapeur à l'intérieur de la citerne en refroidissant celle-ci avec de l'eau ou en laissant des vapeurs s'échapper dans l'atmosphère à intervalles rapprochés;
- Retirer le manchon de protection de l'orifice de déchargement situé dans le haut et raccorder à cet orifice le tuyau de déchargement de 51 mm (diamètre);
- Décharger par pompage.

Le déchargement par le bas comporte les étapes suivantes:

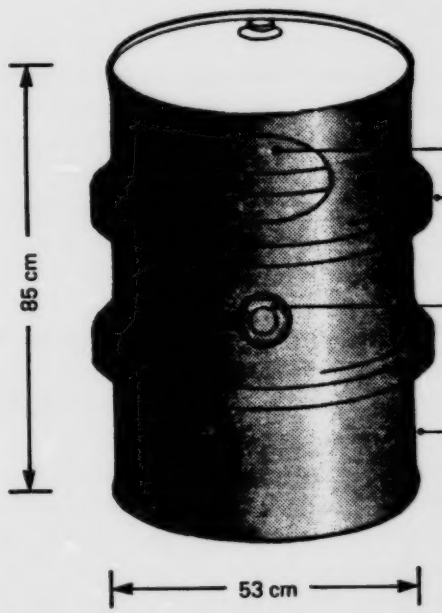
- Abaisser la pression interne, comme pour le déchargement par le haut;
- Raccorder la tubulure de déchargement à l'orifice de déchargement de 152 mm (diamètre) situé dans le bas de la citerne, puis ouvrir le robinet intérieur du bas en tournant la manette de la tige de commande située sur le dessus du wagon;
- Décharger par l'action de la pesanteur ou par pompage.

4.2.2 Matériaux de fabrication des organes de déchargement et spécifications. – Les matériaux de fabrication des divers éléments des organes de déchargement, de même que les spécifications relatives à ces organes, dont il sera question dans la présente section, sont ceux qui prévalent ordinairement pour le transport du méthanol. Les éléments d'un système type de déchargement comme celui que nous décrivons ci-dessous sont les tuyaux et accessoires, les raccords souples, les robinets, les joints et les pompes.

Figure 8

MÉTHANOL — **FÛTS TYPES**

Fût en monel



Étiquette d'identification

Joncs de roulage faits de caoutchouc naturel solide et flexible

Diamètre maximal de l'orifice de 59 mm

Corps et dessus fabriqués en monel de 10 mm d'épaisseur

Capacité maximale de 220 l

Fût en acier

Revêtement intérieur en plomb d'au moins 2,4 mm pour la catégorie 1A1C

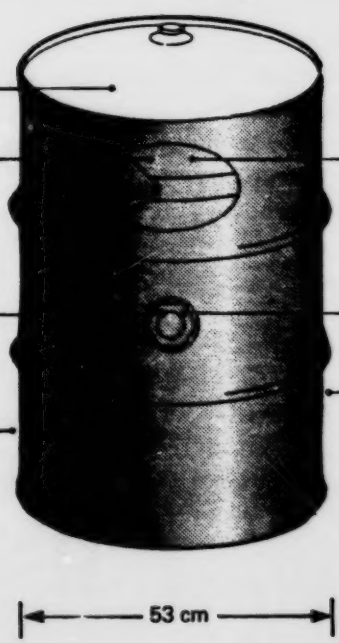
Étiquette d'identification

Diamètre maximal de l'orifice de 70 mm

Corps et dessus fabriqués en acier laminé

Masse nette maximale: 400 kg

Fût en aluminium



Étiquette d'identification

Diamètre maximal de l'orifice 70 mm

Corps et dessus fabriqués en aluminium pur à 99 % au moins

Capacité maximale de 250 l

Masse nette maximale: 400 kg

Les conduites et les raccords en alliage d'acier sans soudure ASTM A106 avec garnitures de polyéther chloré sont recommandés pour les conduites de déchargement du méthanol (DCRG, 1978). Il faut utiliser des joints à brides soudées de préférence aux conduites et aux raccords filetés qui ont tendance à fuir après un service de courte durée. La réduction des contraintes au point de soudure assure une plus longue durée de service. Les conduites doivent faire l'objet d'un essai à l'air comprimé à des pressions comprises entre 345 et 518 kPa (50 à 75 psi) et toutes les fuites seront soigneusement colmatées.

La conduite de déchargement doit avoir un diamètre de 51 mm (2 po) puisque c'est la taille standard des raccords sur les wagons-citernes utilisés pour le transport de matières liquides, mais les autres conduites peuvent être de n'importe quel diamètre. On déconseille toutefois l'utilisation de conduites dont le diamètre serait inférieur à 25 mm (1 po). L'auto-vidange est indispensable pour les conduites extérieures.

Des joints de dilatation flexibles du type à soufflet devraient être utilisés pour les sections souples de la tuyauterie de déchargement. Ils sont fabriqués en brides de fer ductile ASA avec des organes expansibles moulés en résine de tétrafluoroéthylène (Dow PPS, 1972). On utilise parfois du caoutchouc naturel ou du Viton (GF).

Les soupapes à diaphragme en fonte ou en acier coulé avec revêtement intérieur de résines de polyéther chloré ou de chlorure de polyvinylidène assureront un service adéquat (Dow PPS, 1972). Aux températures normales, le Viton peut être utilisé comme matériau de garniture (DCRG, 1978).

Une pompe centrifuge dépourvue de joint à admission simple, à entraînement magnétique et dont l'extrémité est faite d'acier inoxydable 316, donne de bons résultats. Avec ce type de pompe, les fuites sont presque éliminées. Il faut prévoir un moyen de purger la pompe afin que les réparations puissent être faites en toute sécurité.

Les pompes doivent être munies de brides aux deux extrémités; il est préférable d'éviter les raccords filetés, qui sont sujets aux fuites.

4.3 Compatibilité entre le méthanol et certains matériaux

Le tableau 5 porte sur la compatibilité entre le méthanol et certains matériaux de fabrication. Les termes utilisés pour évaluer les matériaux sont définis ci-dessous:

Recommandé: donne satisfaction dans l'utilisation présente;

Réserves: se détériore dans l'utilisation présente; approprié dans le cas d'une utilisation intermittente ou de courte durée;

Déconseillé: se détériore rapidement dans l'utilisation présente; ne devrait jamais être utilisé.

Tableau 5
Compatibilité du méthanol et de certains matériaux de fabrication

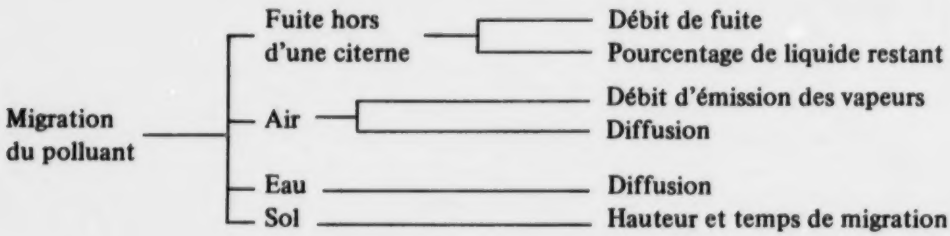
Utilisation	Teneur(s)	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords	Toutes	23		ABS (DPPED, 1967)	
		60	PVC I, PVC II (DPEED, 1967)		
		66	PVDC (DCRG, 1978)		
		93	Polypropylène (DCRG, 1978)		
		107	Polyéther chloré (DCRG, 1978)		
		135	PVDF (DCRG, 1978), laiton, cuivre (Celanese MSDS, 1978)		
2. Robinetterie	Toutes	66	Alliage «20», acier inox 316 (JSSV, 1979)		
3. Réservoirs	Toutes	La plupart	Acier au carbone, acier au carbone chemisé, acier inox 304 (Celanese MSDS, 1978)	Aluminium	
4. Autres	Toutes	20	Acier inox 302, acier inox 304, acier inox 316, acier inox 430 (ASS)		
		60	PVC (TPS, 1978)		
	Techniquement pur	40	uPVC, polyéthylène, polypropylène, polyoxyméthylène, caoutchouc naturel, NBR, IIR, EPDM, polychloroprène, caoutchouc fluoré, polyéthylène chlorosulfoné (GF)		
		65	Polyoxyméthylène, NBR, IIR, EPDM, polyéthylène chlorosulfoné (GF)	Polyéthylène, polypropylène, polychloroprène (GF)	uPVC, caoutchouc naturel, caoutchouc fluoré (GF)
		82	Polypropylène (TPS, 1978)		
		85	CPVC (TPS, 1978), SBR (GPP)		
	Jusqu'à 100 %	24 à 100	Verre (CDS, 1967)		
	20, 40 60, 80 100 %	24	Béton (CDS, 1967)		
	100 %	24	Bois (CDS, 1967)		

ABS: acrylonitrile-butadiène-styrène; CPVC: chlorure de polyvinyle chloré; EPDM: caoutchouc d'éthylène-propylène; IIR: caoutchouc d'isobutylène-isoprène; NBR: caoutchouc d'acrylonitrile-butadiène; PVC: chlorure de polyvinyle; PVDC: chlorure de polyvinylidène; PVDF: fluorure de polyvinylidène; SBR: caoutchouc de styrène/butadiène; uPVC: chlorure de polyvinyle non plastifié.

5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

Le méthanol est généralement transporté à l'état liquide dans des wagons-citernes. Déversé sur l'eau, le méthanol se mélange et se dissout au contact de l'eau. Déversé sur terre, le liquide se répand à la surface et pénètre dans le sol à une vitesse qui varie selon le type de sol et son degré de saturation en eau. La migration du liquide jusqu'à la nappe phréatique peut causer une pollution. Les vapeurs dégagées par le liquide déversé sont émises en continu dans l'atmosphère.



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques dans le but d'établir des prévisions qui reflètent le plus fidèlement possible les pires scénarios. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques selon les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Fuite du produit

5.2.1 Introduction. – Le méthanol est généralement transporté dans des wagons-citernes qui ne sont pas sous pression. Les modèles de wagons-citernes varient beaucoup, de sorte que nous avons dû en choisir un en particulier pour établir les nomogrammes de la fuite. Le modèle choisi a un diamètre de 2,75 m, une longueur de 13,4 m et peut contenir environ 80 000 l.

S'il y a rupture, au-dessous du niveau du liquide, de la paroi de la citerne remplie de méthanol, tout le liquide s'écoulera sous l'action de la pesanteur. Grâce aux nomogrammes, on pourra calculer la quantité de liquide restant dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide, à mesure que le temps s'écoulera. Comme les citernes ne sont pas sous pression et comme le produit est peu volatil, aucun nomogramme n'a été élaboré sur la fuite éventuelle de vapeurs par un orifice qui serait situé au-dessus du niveau du liquide.

5.2.2 Nomogrammes de la fuite

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps. – La figure 10 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne en fonction du temps écoulé depuis le moment de la rupture et en fonction d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Ces diamètres sont des diamètres équivalents et valent pour des orifices de toutes formes.

On suppose que le wagon-citerne type contient 80 000 litres de liquide et qu'il est plein au moment de la rupture. Le volume de liquide restant, après un temps t écoulé donné, n'est pas seulement fonction du débit de fuite, mais aussi de la taille et de la forme du wagon-citerne.

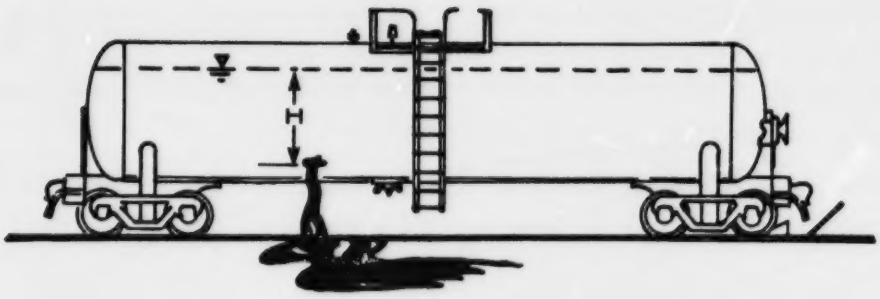


Figure 9 PERFORATION AU-DESSOUS DU NIVEAU DU LIQUIDE

5.2.2.2 **Débit de fuite en fonction du temps écoulé.** – La figure 11 permet d'évaluer à tout instant le débit de fuite après un temps t écoulé donné, en fonction de diamètres équivalents donnés. Le nomogramme ne vaut que pour un wagon-citerne dont le contenu initial est de 80 000 litres.

5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Il y a eu bris d'un wagon-citerne type rempli de méthanol. L'orifice est situé dans le bas de la citerne. Son diamètre équivalent est de 150 mm. Quel pourcentage du volume initial de 80 000 l représente le volume de liquide restant après 10 minutes? Solution (voir figure 10): si t = 10 mn et D = 150 mm, le volume de liquide restant représente 36 p. 100 (soit 28 800 l) du volume initial.

PROBLÈME B

Les données du problème B étant les mêmes que celles du problème A, quel est le débit instantané après 10 minutes d'écoulement? Solution (voir figure 11): si t = 10 mn et D = 150 mm, le débit instantané q = 70 l/s.

5.3 Diffusion dans l'atmosphère

5.3.1 **Introduction.** – Comme le méthanol n'est pas un liquide très volatil, un dégagement de vapeurs dans l'atmosphère à partir d'un orifice dans la paroi d'une citerne ne présente aucun danger important du côté sous le vent. Il ne sera question dans le présent ouvrage que des vapeurs dégagées à partir d'une nappe de liquide répandu sur le sol ou à la surface de l'eau.

Pour évaluer les teneurs en polluant du côté sous le vent par rapport au lieu de l'accident et déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité ou de l'inflammabilité, il faut modéliser le transport et la diffusion (turbulente) dans l'atmosphère des vapeurs. Les modèles utilisés supposent une répartition gaussienne des teneurs au sein du panache; ce sont les plus répandus pour la prévision des teneurs en polluants. (Le lecteur trouvera de plus amples renseignements à ce sujet dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*.)

La figure 12 schématise la diffusion d'un panache polluant émis en continu par une aire source. Le modèle de diffusion assimile l'aire source, soit la nappe de liquide, à un point source théorique (possédant le même débit d'émission de vapeurs q), situé en amont, à une distance équivalant à dix fois le rayon de la nappe.

Figure 10

MÉTHANOL

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

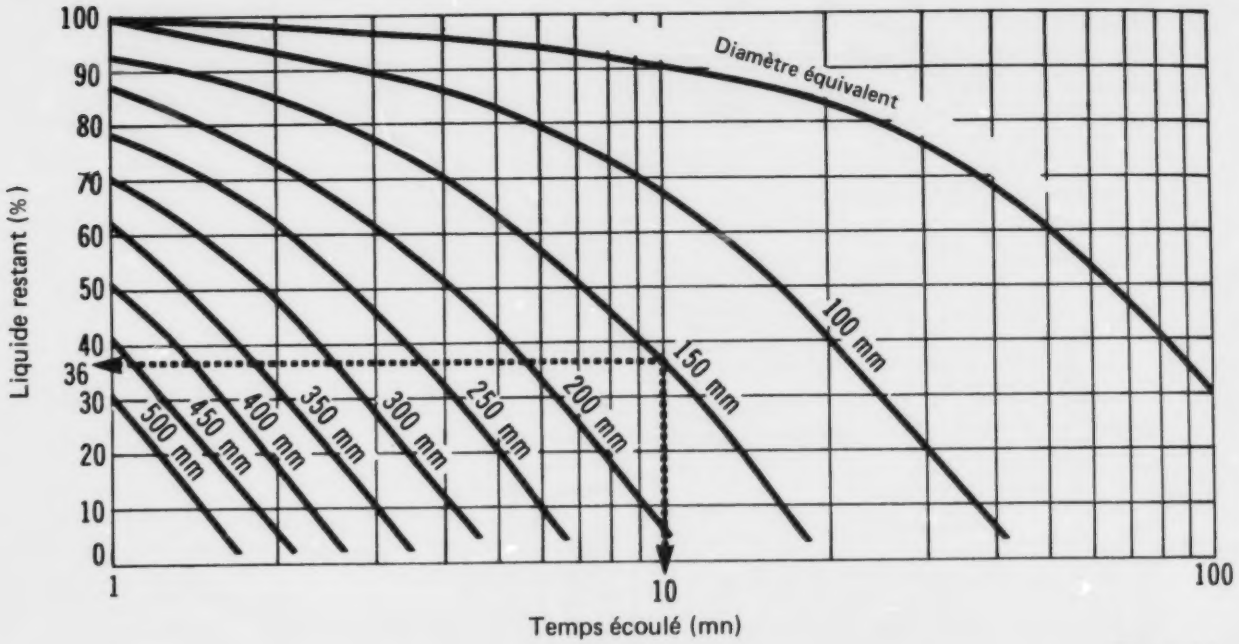


Figure 11

MÉTHANOL

DÉBIT DE FUITE EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

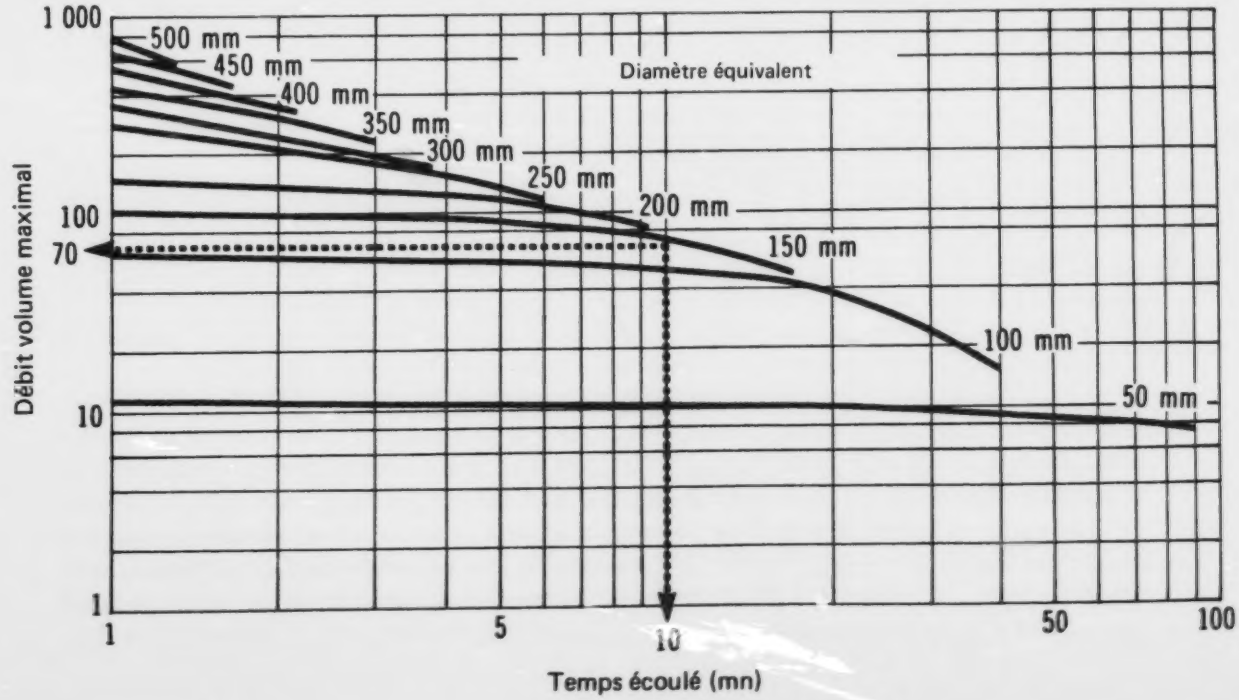
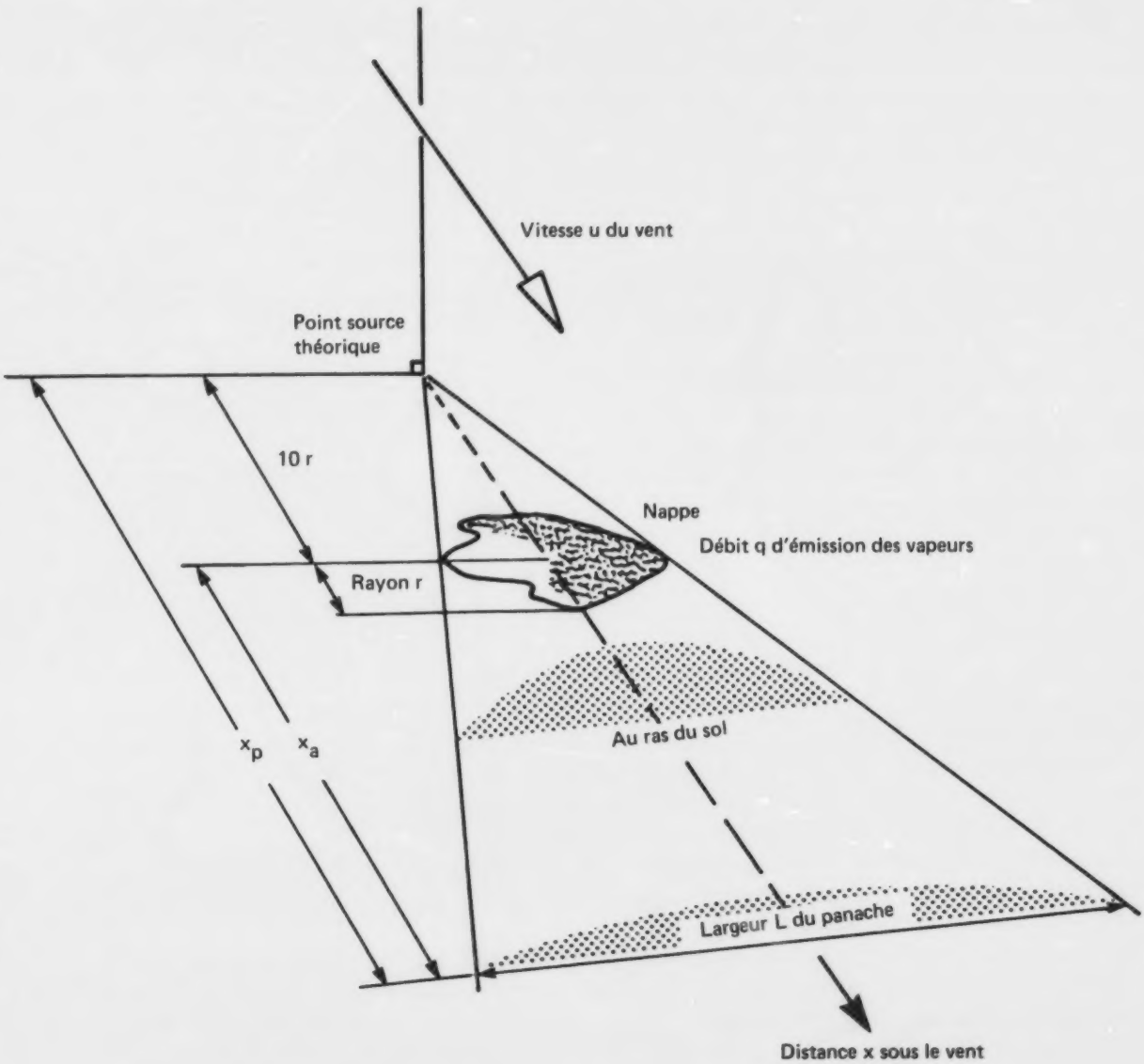


Figure 12

MÉTHANOL — **FORMATION D'UN PANACHE DE VAPEURS**



5.3.2 Nomogrammes de la diffusion du panache de vapeurs. – Les nomogrammes de la diffusion atmosphérique du panache servent à déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité et de l'inflammabilité. Les nomogrammes, figures et tableaux présentés ci-dessous apparaissent dans l'ordre dans lequel ils doivent être utilisés, comme le lecteur pourra s'en rendre compte dans les pages qui suivent.

Figure 14 Débit d'émission des vapeurs se dégageant d'une nappe liquide, calculé en fonction du rayon maximal de la nappe

Tableau 6 Catégories météorologiques (de stabilité)

Figure 15 Teneur uniformisée en vapeurs, calculée en fonction d'une distance donnée sous le vent et pour différentes catégories météorologiques

Tableau 7 Demi-largeur maximale du panache dangereux

Figure 18 Distance parcourue par le panache, calculée en fonction du temps écoulé depuis le déversement et pour différentes vitesses de vent

La figure 13 indique les étapes à suivre dans le calcul de la diffusion des vapeurs et dans le choix des nomogrammes et des tableaux à utiliser. En fait, ce sont les étapes encadrées par un pointillé qui servent dans la présente section. (Les données relatives au volume total de liquide déversé figurent à la section 5.2.) Le lecteur trouvera dans les paragraphes qui suivent l'information relative à chacun des nomogrammes de la diffusion et à son utilisation.

5.3.2.1 Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe et de la température. – Le manuel d'introduction de la collection fournit des équations sur la vitesse d'évaporation permettant de calculer la vitesse d'évaporation propre au méthanol. À une température de 20 °C et sous un vent dont la vitesse est de 4,5 m/s (16,1 km/h), cette vitesse est de 1,2 g/(m^2 . s). D'autres vitesses ont été calculées à l'aide d'une équation qui, pour un vent donné, tient compte de la température ambiante et de la tension de vapeur du produit (Chem. Eng., 1976) à cette température. Ainsi, pour un vent dont la vitesse est de 4,5 m/s, la vitesse d'évaporation est de 0,42 g/(m^2 . s) à 0 °C, alors qu'elle est de 2,1 g/(m^2 . s) à 30 °C.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

Pour une nappe de rayon connu, le débit q d'émission des vapeurs dans l'atmosphère à une température donnée peut être évalué à l'aide de la figure 14. Les segments continus des droites représentent des quantités déversées allant de 0,05 à 63 tonnes, ce dernier chiffre correspondant à peu près au volume type de 80 000 litres (17 600 gal imp.) contenu dans un wagon-citerne chargé de méthanol. Le lecteur notera que la figure 14 vaut pour une vitesse du vent de 4,5 m/s (16,1 km/h); elle ne permet donc qu'une évaluation approximative du débit d'émission pour toute autre vitesse du vent. En revanche, le manuel d'introduction de la collection fournit l'équation qui permet d'établir la vitesse d'évaporation pour une vitesse de vent donnée à partir de la valeur pour une vitesse de 4,5 m/s.

Le calcul du débit d'émission est basé sur le rayon d'une nappe à la surface d'un plan d'eau (étendue d'eau calme) (tableau VI, CHRIS, 1974). Le rayon choisi est à mi-chemin entre celui du benzène (liquide modérément volatil) et celui du nitrite d'iso-amyle (liquide non volatil). Ce modèle a été choisi pour des liquides miscibles à l'eau et dont le point d'ébullition est supérieur à la température ambiante, ainsi que pour certains liquides organiques miscibles ou non à l'eau non mentionnés dans CHRIS (CHRIS, 1974). Comme un plan d'eau présente une surface plane et unie, ce qui est rarement le cas lorsqu'il y a un déversement sur terre (sol poreux et irrégulier), on obtient un rayon maximal, donc des valeurs maximales. Si l'on applique l'algorithme calculé pour un plan d'eau à un déversement sur terre, le rayon sera plus grand qu'en réalité et les valeurs obtenues seront celles qui s'appliquent à des cas extrêmes.

Figure 13

MÉTHANOL — **ÉTAPES À SUIVRE POUR DÉTERMINER LA ZONE DANGEREUSE**

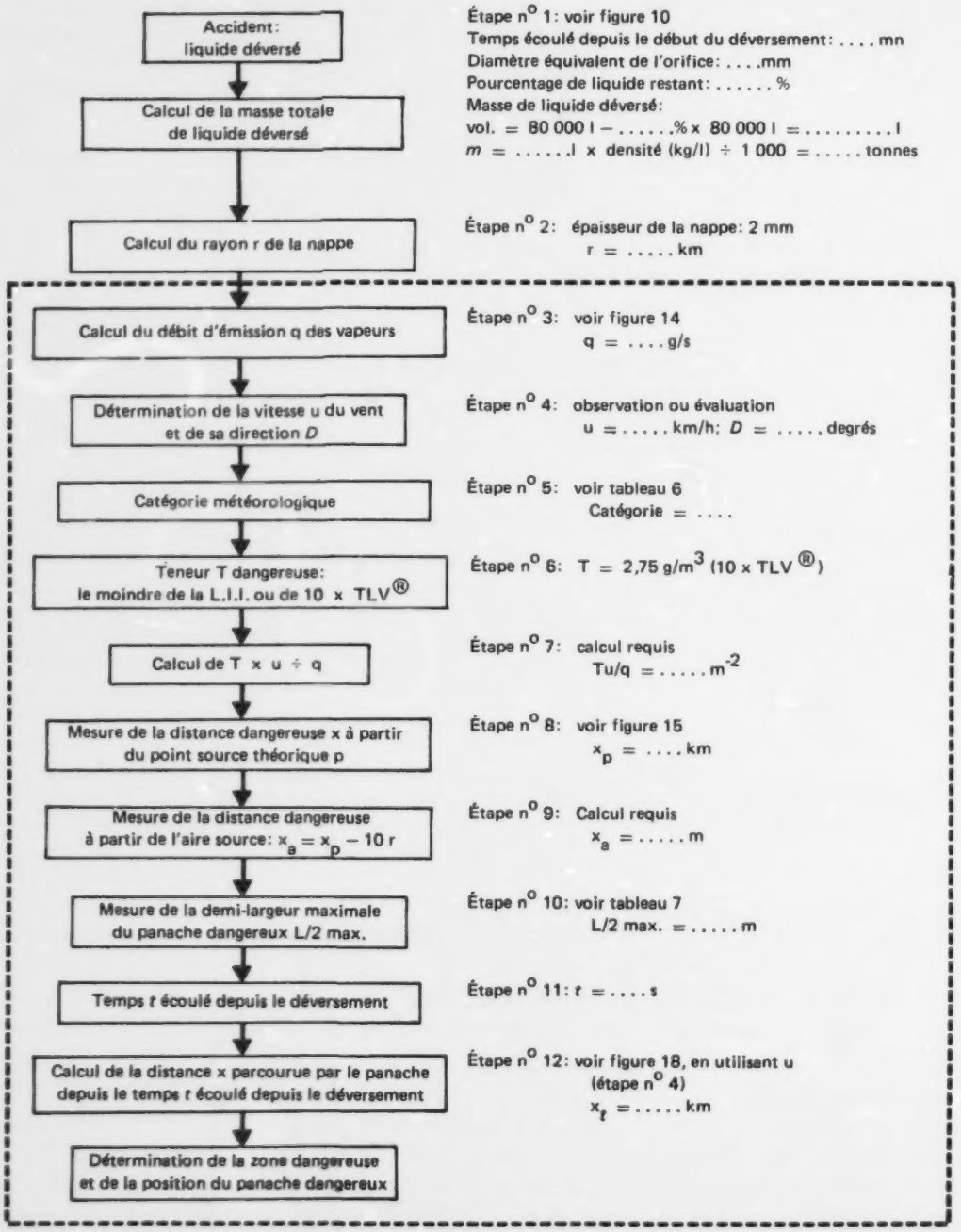
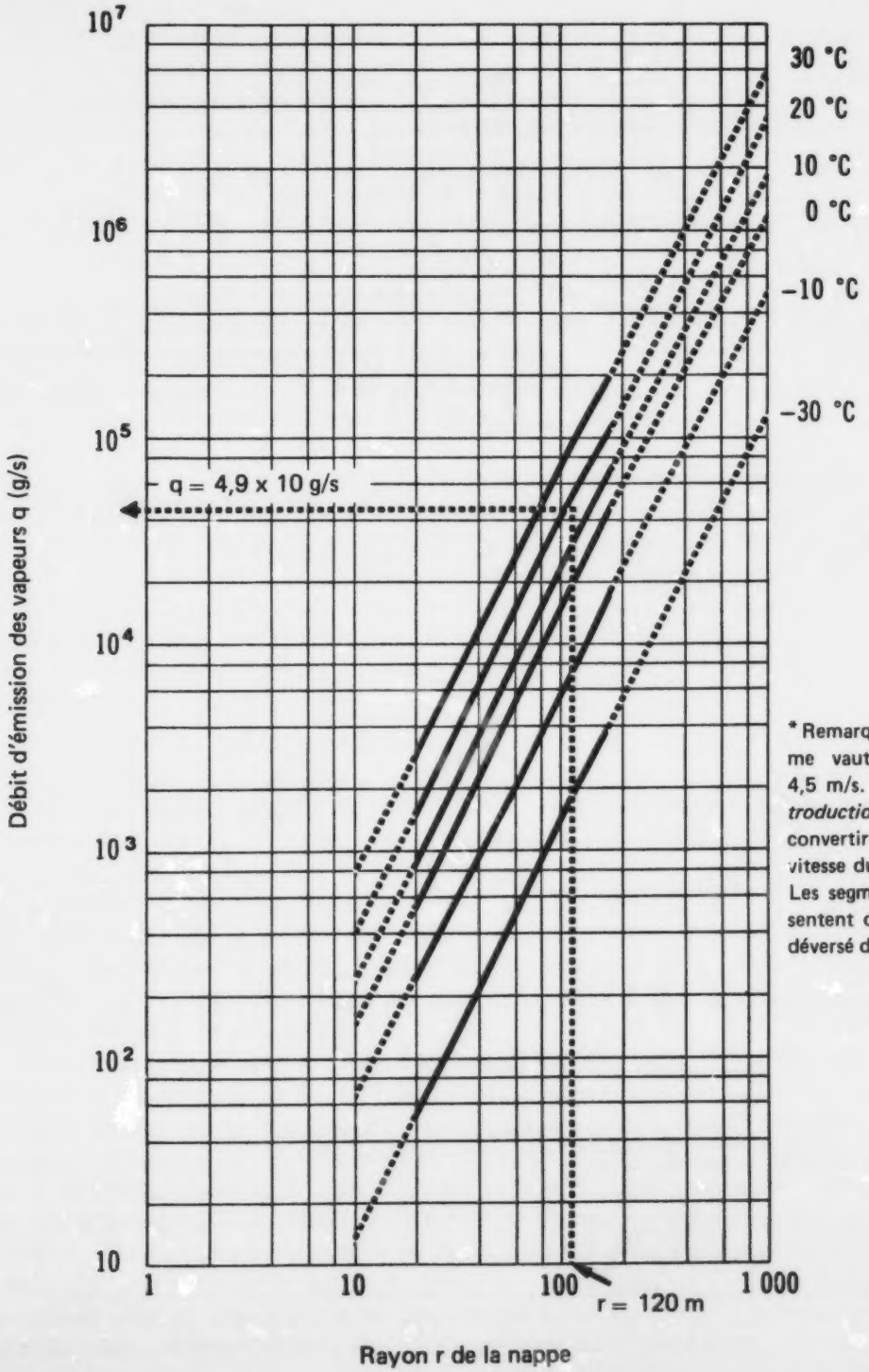


Figure 14

MÉTHANOL

DÉBIT D'ÉMISSION DES VAPEURS À DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES* EN FONCTION DU RAYON DE LA NAPPE



* Remarque. — Le nomogramme vaut pour un vent de 4,5 m/s. Voir le *Manuel d'introduction Enviroguide* pour convertir les valeurs si la vitesse du vent est différente. Les segments continus représentent des masses de liquide déversé de 0,05 à 63 tonnes.

5.3.2.2 Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent. – La figure 15 illustre la relation qui existe entre la teneur en polluant, à l'état de vapeurs, et la distance sous le vent pour les catégories météorologiques D et F. Le nomogramme a été établi à l'aide des modèles de diffusion décrits dans le manuel d'introduction de la collection. La teneur en vapeurs est représentée par la teneur uniformisée Tu/q au niveau du sol le long de la médiane du panache schématisé. La catégorie F est la moins propice à la diffusion du panache; la catégorie D est la plus fréquente presque partout au Canada. Il faut déterminer la catégorie appropriée (tableau 6) avant d'utiliser la figure 15.

Tableau 6
Catégories météorologiques (de stabilité)

Catégorie F	Catégorie D
Vitesse du vent < 11 km/h (≅ 3 m/s) et l'une des conditions suivantes: ciel couvert durant le jour; nuit; forte inversion de température.	S'applique à presque toutes les autres conditions.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La distance maximale dangereuse du côté sous le vent x peut être déterminée à l'aide de la figure 15, si l'on possède les données suivantes:
Débit q d'émission des vapeurs, en g/s;
Vitesse du vent u, en m/s;
Catégorie météorologique (de stabilité);
Teneur T dangereuse limite, soit la valeur la moindre entre 10 fois la TLV® (exprimée en g/m^3) et la limite inférieure d'inflammabilité (exprimée en g/m^3). À noter que pour convertir la TLV® (ppm) et la L.I.I. (pourcentage volumique) en teneurs exprimées en g/m^3, il faut utiliser les figures 16 et 17.

Une teneur dangereuse limite, égale à 10 x TLV®, a été choisie de façon arbitraire: elle représente une limite «relativement réaliste» au-delà de laquelle une exposition de courte durée (30 minutes) présente un danger pour la santé. La TLV® est une norme d'exposition de longue durée sur les lieux de travail. Si elle était utilisée comme teneur limite dangereuse, la zone dangereuse atteindrait des proportions démesurées.

5.3.2.3 Demi-largeur maximale du panache dangereux. – Le tableau 7 présente des valeurs de la demi-largeur maximale L/2 max. du panache pour une plage de valeurs q/u, en fonction des catégories météorologiques D et F. Ces valeurs ont été calculées à l'aide des modèles de diffusion expliqués dans le manuel d'introduction de la collection, en supposant une teneur dangereuse limite (ce qu'on appelle communément une teneur maximale admissible) égale à 10 fois la TLV® (soit 10 x 0,275 g/m^3 ou 2,75 g/m^3). La demi-largeur du panache dangereux représente la demi-largeur du nuage de vapeurs, situé du côté sous le vent et atteignant une teneur égale à 10 x TLV®. Le tableau 7 ne s'applique donc que dans le cas de cette teneur limite de 2,75 g/m^3. À noter que la distance maximale considérée est de 100 kilomètres.

Figure 15

MÉTHANOL

TENEUR UNIFORMISÉE EN VAPEURS EN FONCTION DE LA DISTANCE SOUS LE VENT

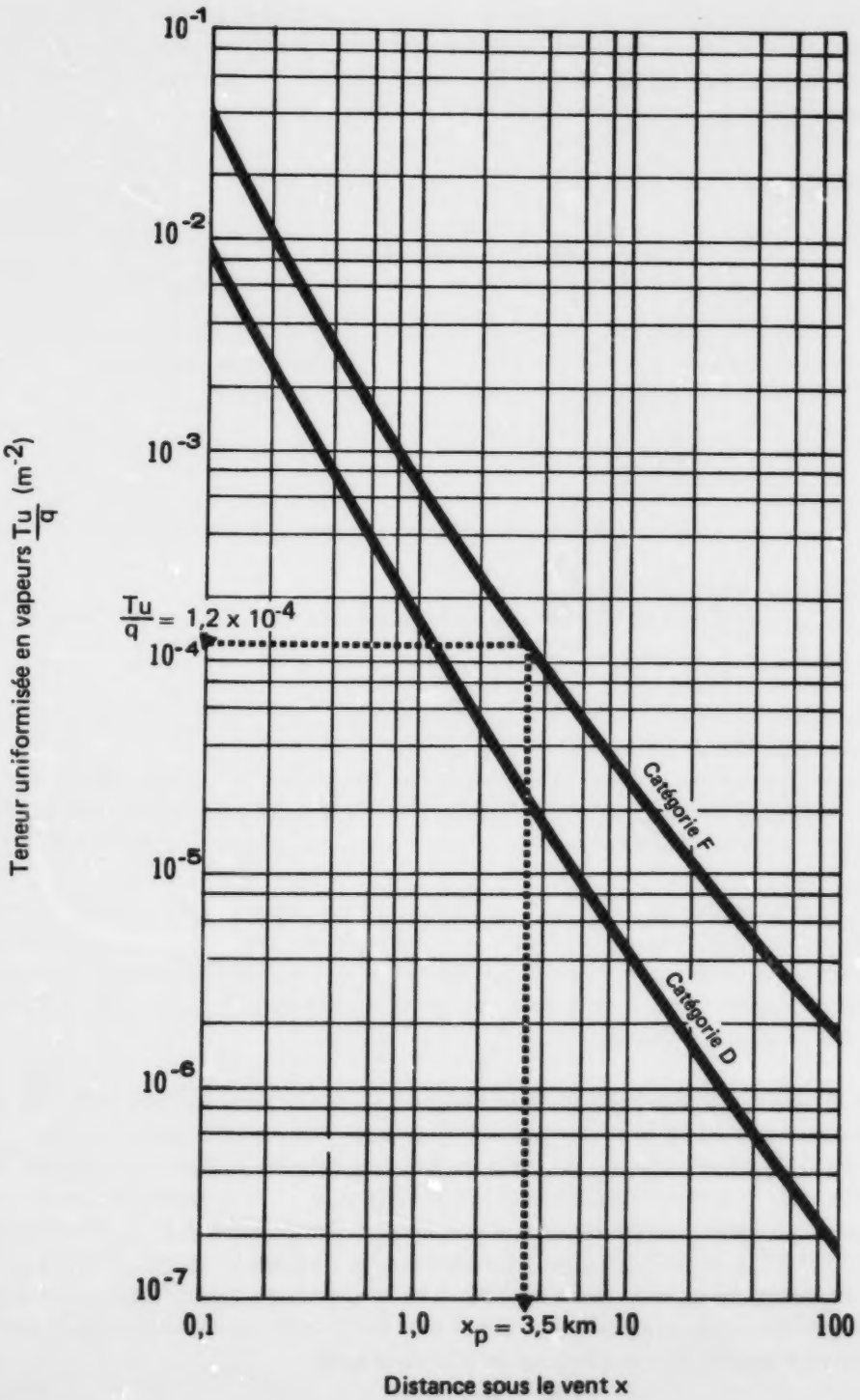
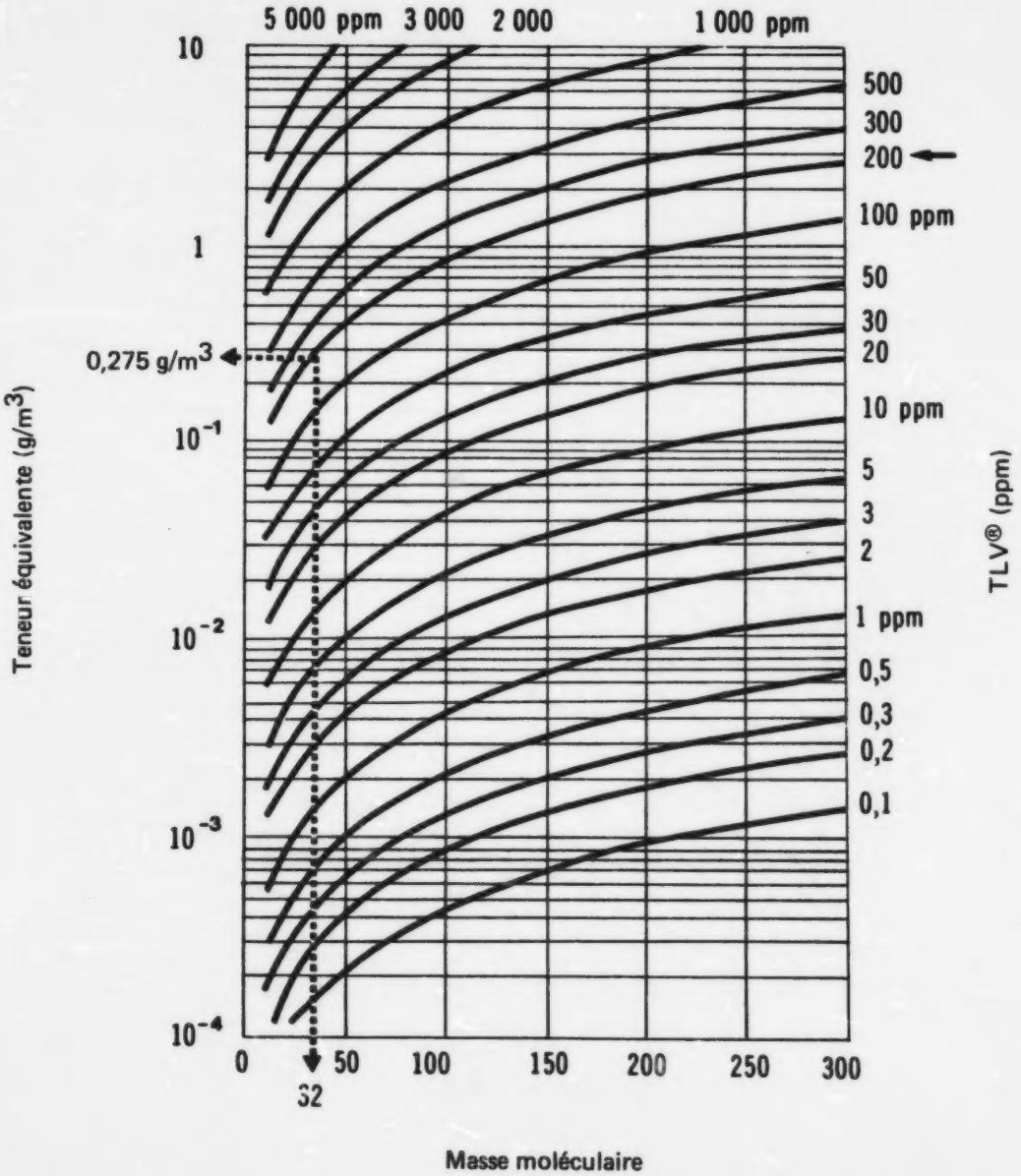


Figure 16

MÉTHANOL

CONVERSION DES UNITÉS DE LA TLV® (ppm en g/m³)

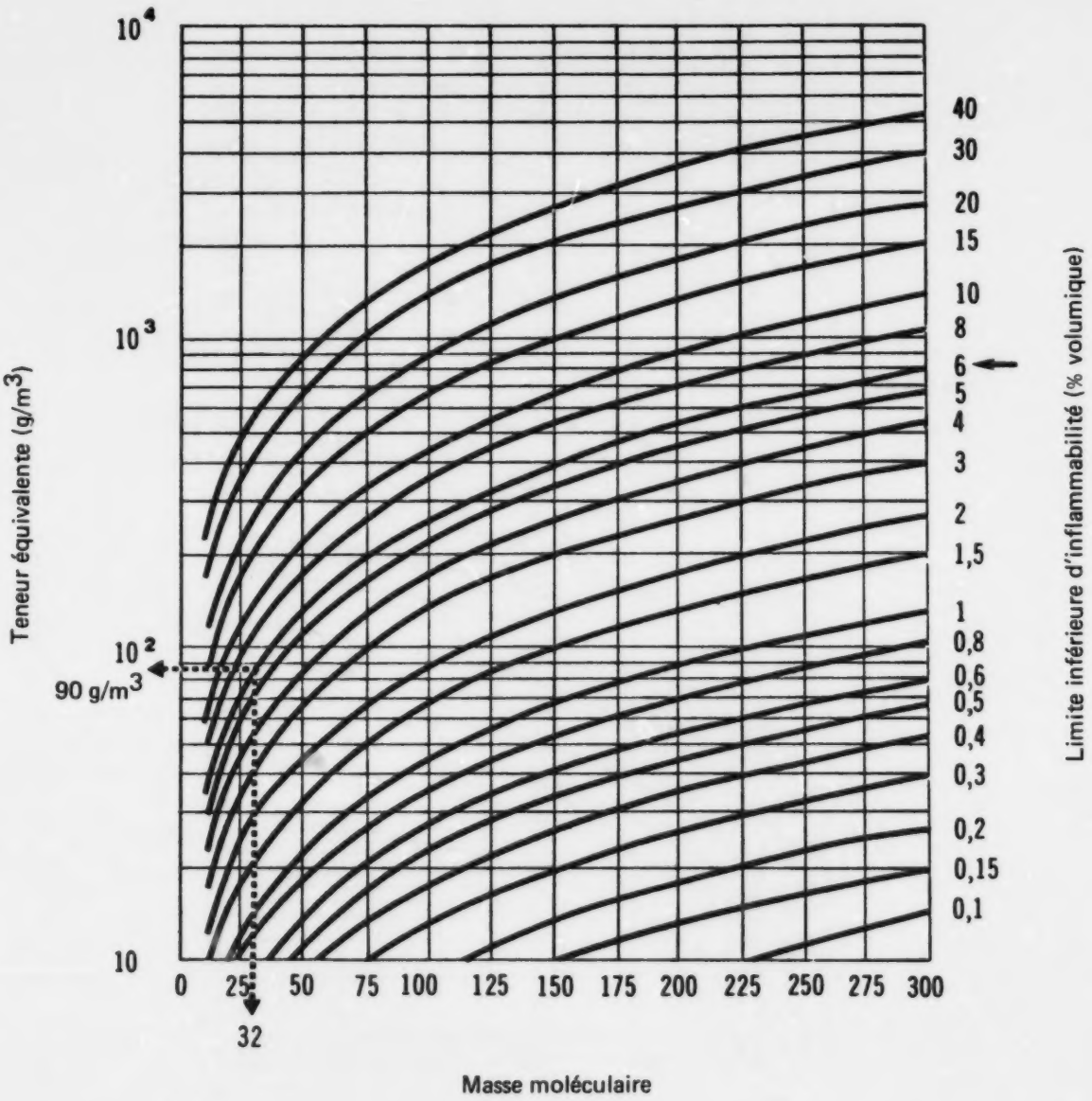


Exemple. – Masse moléculaire du méthanol = 32, TLV® = 20 ppm, alors TLV® en g/m³ = 0,275.
Note. – Ces données valent pour une température de 25 °C et une pression de Hg de 760 mm.

Figure 17

MÉTHANOL

CONVERSION EN g/m³ DU % VOLUMIQUE DE LA LIMITE INFÉRIEURE D'INFLAMMABILITÉ



Exemple. – Masse moléculaire du méthanol = 32, L.I.I. = 6 %, alors L.I.I. en g/m³ = 90.
Note. – Ces données valent pour une temp. de 25 °C et une pression de Hg de 760 mm.

La catégorie météorologique D comporte une plage de vitesses du vent qui va de 1 à 30 m/s. Quant à l'éventail de débits d'émission q utilisé, qui va de 75 000 à 17 500 000 g/s, il correspond à un éventail de masses déversées comprises entre 35 et 8000 tonnes respectivement. Si tout le contenu, soit 80 000 l (17 600 gal imp.) d'un wagon-citerne était déversé, cela représenterait une masse de 63 400 kg (63 tonnes). Le tableau 7, pour la catégorie D, fournit des chiffres calculés en fonction de masses jusqu'à 125 fois plus considérables.

La catégorie météorologique F comporte une plage de vitesses du vent qui va de 1 à 3 m/s. Quant à l'éventail de débits d'émission q utilisé, qui va de 7500 à 1 750 000 g/s, il correspond à un éventail de masses déversées comprises entre 1 et 5000 tonnes. Le tableau 7, pour la catégorie F, fournit des chiffres calculés en fonction de masses atteignant 79 fois celle que transporte un wagon-citerne standard.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

À partir de valeurs connues de q et de u et en fonction d'une catégorie météorologique donnée, calculez q/u. Choisissez la valeur q/u la plus proche fournie dans le tableau et la demi-largeur maximale correspondante, en mètres. Si vous désirez un résultat un peu plus précis, déterminez par interpolation les valeurs q/u et L/2 max. (Voir également l'exemple qui accompagne le tableau 7.)

Tableau 7
Demi-largeur maximale du panache dangereux de vapeurs de méthanol (à 20 °C)

Catégorie météorologique D			Catégorie météorologique F		
q/u (g/m)	L/2 max. (m)		q/u (g/m)	L/2 max. (m)	
17 500 000	3230	(99,5 km)	1 750 000	1495	(99,5 km)
15 000 000	2940		1 500 000	1335	
12 500 000	2625		1 250 000	1165	
10 000 000	2285		1 000 000	985	
7 500 000	1915		750 000	795	
5 000 000	1490		500 000	590	
3 750 000	1245		250 000	350	
2 500 000	970		200 000	305	
2 000 000	845		150 000	255	
1 500 000	710		100 000	195	
1 000 000	560		75 000	165	
750 000	470		50 000	125	
500 000	370	q/u = 23 330 →	25 000	80	→ L/2 max. (m)
250 000	250		10 000	45	
200 000	220		5 000	30	
150 000	185		2 500	20	
100 000	145				
75 000	120				
50 000	95				
25 000	65				
10 000	40				
5 000	30				
2 500	20				

Note. – Ce tableau vaut seulement pour une teneur en méthanol de 10 x TLV® ou 2,75 g/m^3.
Exemple. – Une nappe de méthanol libère des vapeurs à un débit q = 4,9 x 10^4 g/s dans des conditions météorologiques de catégorie F; si la vitesse du vent u = 2,1 m/s, alors q/u = 23 330 g/m, ce qui donne une demi-largeur maximale L/2 max. du panache dangereux de 80 m.

5.3.2.4 Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé. – La figure 18 indique la distance x parcourue par le panache après un temps *t* de déplacement pour une vitesse de vent u donnée. Il s'agit de la représentation graphique de la relation $x_t = ut$ appliquée à un éventail de vitesses de vent courantes.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La vitesse u du vent et le temps *t* de déplacement du panache étant connus, la distance parcourue du côté sous le vent peut être obtenue.

5.3.3 Étapes de calcul. – L'exemple donné ci-dessous illustre les étapes à suivre dans le calcul qui permet de déterminer la zone dangereuse sous le vent à partir du lieu où se produit un déversement. L'utilisateur prendra note des limites des méthodes de calcul décrites dans le présent guide ou dans le manuel d'introduction de la collection. Les estimations ne valent que pour les conditions précisées. Il est souhaitable que l'utilisateur, dans un cas de déversement réel, se serve de données connues ou observables (par exemple en ce qui concerne le rayon de la nappe).

DONNÉES DU PROBLÈME

Au cours de la nuit, vers 2 h, 20 tonnes de méthanol ont été déversées sur un sol plat. Il est maintenant 2 h 05. La température est de 20 °C et le vent souffle du nord-ouest à une vitesse de 7,5 km/h. Déterminer la zone de vapeurs dangereuses.

ÉTAPES DU CALCUL

Étape 1 La masse *m* de liquide déversé est de 20 tonnes.

Étape 2 Calculer le rayon r de la nappe.
Utiliser le rayon mesuré sur place si cela est possible.
Sinon, utiliser le rayon maximal calculé en fonction d'une épaisseur de la nappe de 2 mm.
$r = 120 \div 1000 = 0{,}12$ km

Étape 3 Calculer le débit d'émission q à temp. = 20 °C.
r = 120 m et temp. = 20 °C, $q = 4{,}9 \times 10^4$ g/s

Étape 4 Déterminer la vitesse du vent u et sa direction *D*.
Utiliser l'information accessible sur les conditions météorologiques, de préférence à partir d'observations faites sur le terrain. Ici:
u = 7,5 km/h; $u = 7{,}5 \div 3{,}6 = 2{,}1$ m/s;
D = N.-O. ou 315° (*D* = direction d'où souffle le vent).

Étape 5 Déterminer la catégorie météorologique.
Le tableau 6 permet d'établir qu'il s'agit de la catégorie F, puisque u < 11 km/h et que le déversement se produit au cours de la nuit.

Étape 6 Déterminer la teneur T dangereuse limite.
Il s'agit de la valeur la moindre entre 10 x TLV® et la limite inférieure d'inflammabilité dans le cas du méthanol, donc:
T = 2,75 g/m^3 (TLV® = 0,0275 g/m^3; L.I.I. = 90 g/m^3)

Étape 7 Calculer Tu/q.

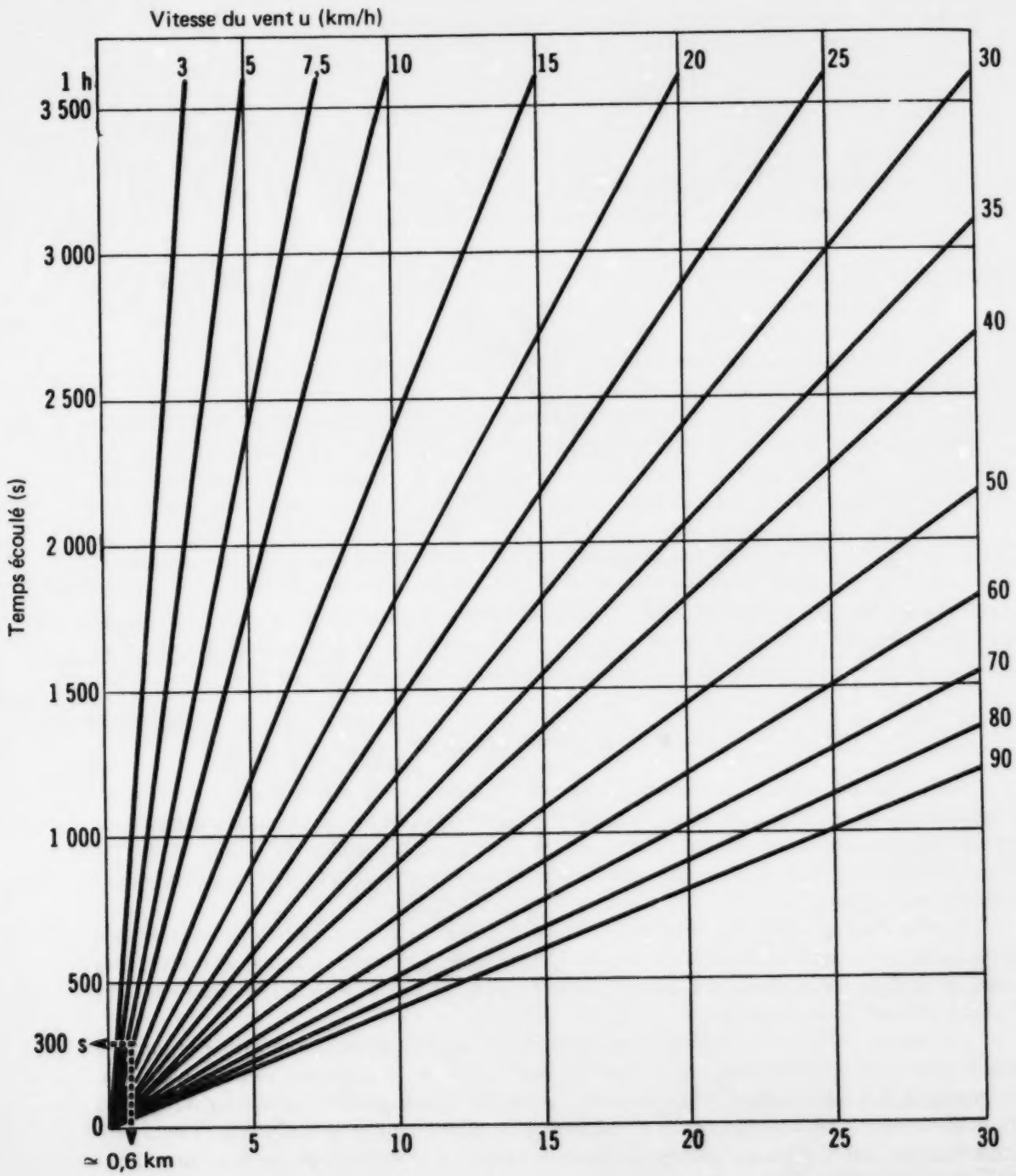
$$Tu/q = \frac{2{,}75 \times 2{,}1}{4{,}9 \times 10^4} = 1{,}18 \times 10^{-4}\ m^{-2}.$$

Étape 8 Calculer la distance maximale dangereuse du côté sous le vent x à partir du point source p théorique.
Voir figure 15. Pour une catégorie F de conditions météorologiques,
si $Tu/q = 1{,}18 \times 10^{-4}\ m^{-2}$, $x_p \cong 3{,}5$ km.

Figure 18

MÉTHANOL

DISTANCE PARCOURUE PAR LE PANACHE EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ



Étape 9 Calculer la *distance* dangereuse maximale du côté sous le vent x à partir de l'aire source a.

Comme $x_p = 3{,}5$ km et r = 0,12 km,

$x_a = x_p - 10\,r = 3{,}5\text{ km} - 10(0{,}12\text{ km}) = 2{,}3$ km.

Étape 10 Calculer la demi-largeur maximale du panache dangereux.

Se servir du tableau 7. Comme $q = 4{,}9 \times 10^4$ g/s et u = 2,1 m/s,

$$q/u = \frac{4{,}9 \times 10^4}{2{,}1} = 23\,330 \text{ g/m}$$

pour la catégorie F de conditions météorologiques, la valeur de q/u est de 25 000 g/m, ce qui donne une demi-largeur maximale d'environ 80 m.

Étape 11 Déterminer le temps *t* écoulé depuis le début du déversement,

$t = 5$ mn x 60 = 300 s.

Étape 12 Calculer la distance sous le vent x parcourue par le panache depuis le début du déversement.

Se servir de la figure 18. Comme $t = 300$ s et u = 7,5 km/h.

$x_t = 0{,}6$ km (plus précisément: $ut = 2{,}1$ m/s x 300 s = 630 m = 0,63 km).

Étape 13 Schématiser la zone dangereuse.

Cela se fait en formant un rectangle dont deux des côtés opposés mesurent (chacun) deux fois la demi-largeur maximale du panache dangereux (80 m), alors que les deux autres côtés mesurent (chacun) l'équivalent de la distance maximale dangereuse sous le vent à partir de l'aire source, soit 2,3 km, et sont orientés dans la direction du vent (voir figure 19).

Si le vent ne fluctue que de 20^o ($315^o \pm 10^o$), le schéma de la zone dangereuse correspond à la figure 20.

Note. – Au cours des 5 minutes qui se sont écoulées depuis le début du déversement, le panache a franchi seulement 0,63 km. Sous un vent de 7,5 km/h, il s'écoulerait encore 13 minutes avant que le panache ne franchisse la distance maximale dangereuse sous le vent, soit 2,3 km.

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. – Déversé dans l'eau, le méthanol se mélange et se dilue. En général, le phénomène de mélange peut être décrit par les équations de diffusion classiques, comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les cours d'eau le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent; alors que dans un plan d'eau (étendue d'eau calme) il s'effectue par diffusion moléculaire.

Pour évaluer la teneur en polluant de l'eau d'une rivière en aval d'un lieu de déversement, les auteurs ont utilisé un modèle de diffusion turbulente. Ce modèle s'applique aux liquides miscibles à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et aux solides qui se dissolvent dans l'eau. Il vaut donc pour le méthanol.

Le modèle utilisé est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans toute section donnée de l'écoulement (section mouillée). En pratique, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu du déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux cours d'eau dont le rapport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, voir le manuel d'introduction de la collection.)

Figure 19

MÉTHANOL

ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT INVARIABLE
EXEMPLE DE PROBLÈME

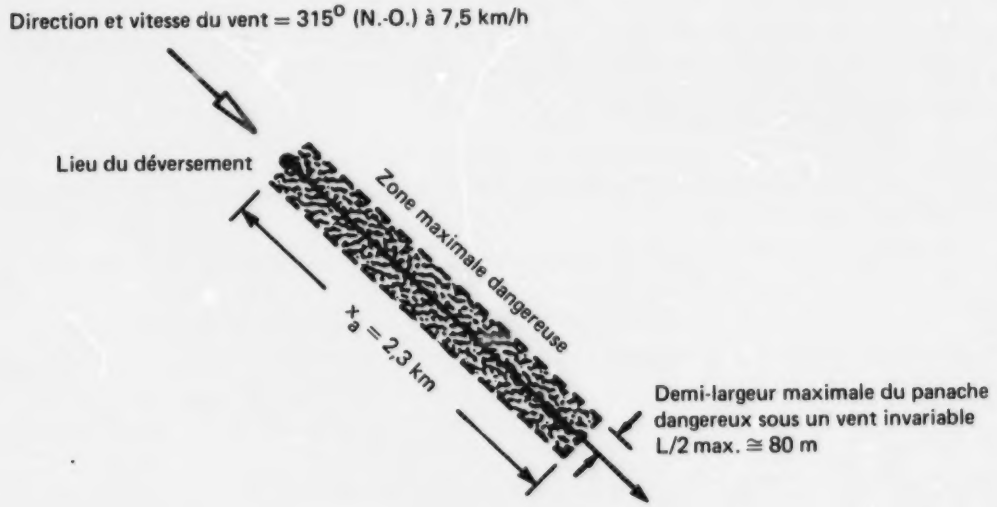
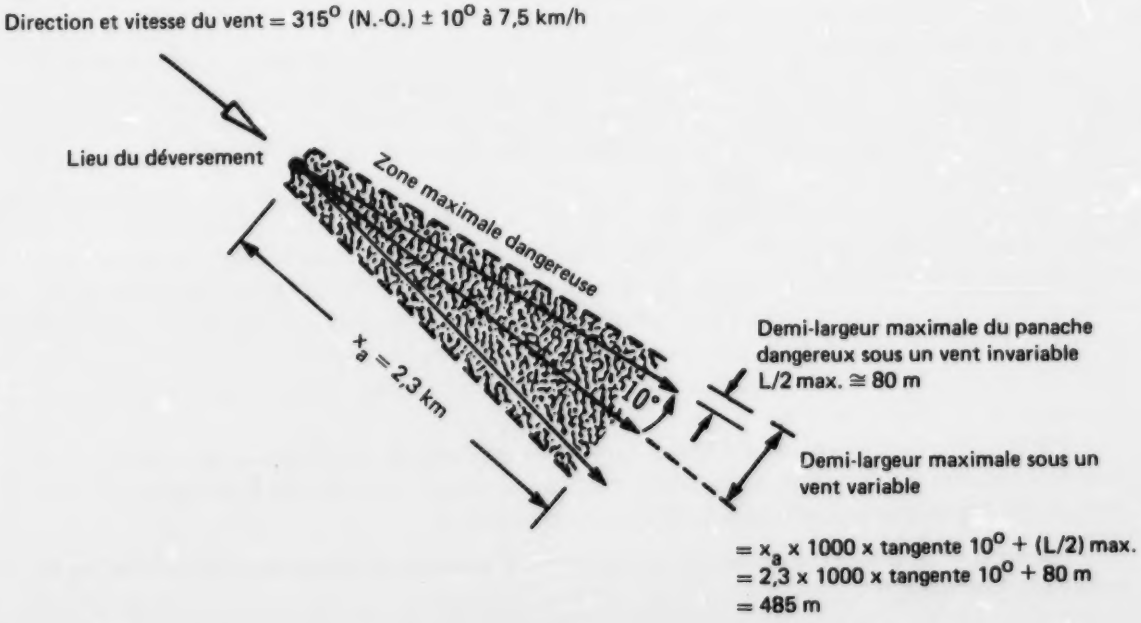


Figure 20

MÉTHANOL

ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT VARIABLE
EXEMPLE DE PROBLÈME



En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans un plan d'eau, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la masse de liquide déversé, indépendamment du temps écoulé.

5.4.2 Nomogrammes de la diffusion du polluant dans l'eau. – Le lecteur trouvera ci-dessous la liste des nomogrammes servant à déterminer les teneurs en polluant dans les cours d'eau non soumis aux marées et dans les lacs au repos ou autres plans d'eau.

A. – Cours d'eau non soumis aux marées

Figure 22 Distance en fonction du temps pour une plage de vitesses moyennes d'écoulement

Figure 23 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal pour une plage de profondeurs du canal (hauteurs d'eau)

Figure 24 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique pour une plage de vitesses moyennes d'écoulement

Figure 25 Alpha* en fonction du coefficient de diffusion turbulente pour différentes valeurs de temps écoulé

Figure 26 Delta* en fonction de alpha pour différentes masses de liquide déversé

Figure 27 Teneur maximale en fonction de delta pour des sections mouillées de différentes surfaces

B. – Lacs au repos et autres plans d'eau

Figure 28 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique de la zone dangereuse (pour différentes profondeurs du lac, c.-à-d. différentes hauteurs d'eau)

Figure 29 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse (pour différentes masses de liquide déversé)

La figure 21 présente les étapes à suivre pour évaluer la teneur en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement et indique les nomogrammes à utiliser; ces derniers sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

5.4.2.1 Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées

Figure 22 Distance en fonction du temps. – Le graphique montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse moyenne de l'écoulement V donnée, le temps t que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance x donnée en aval du lieu du déversement peut être obtenu rapidement à l'aide de ce graphique.

Figure 23 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. – Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur L, ayant une hauteur d'eau h. Le rayon hydraulique r doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente E. Le rayon hydraulique lui-même correspond au rapport de la surface de la section s mouillée (ou section de l'écoulement) au périmètre mouillé B. La figure 23 permet de déterminer le rayon hydraulique d'un canal à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

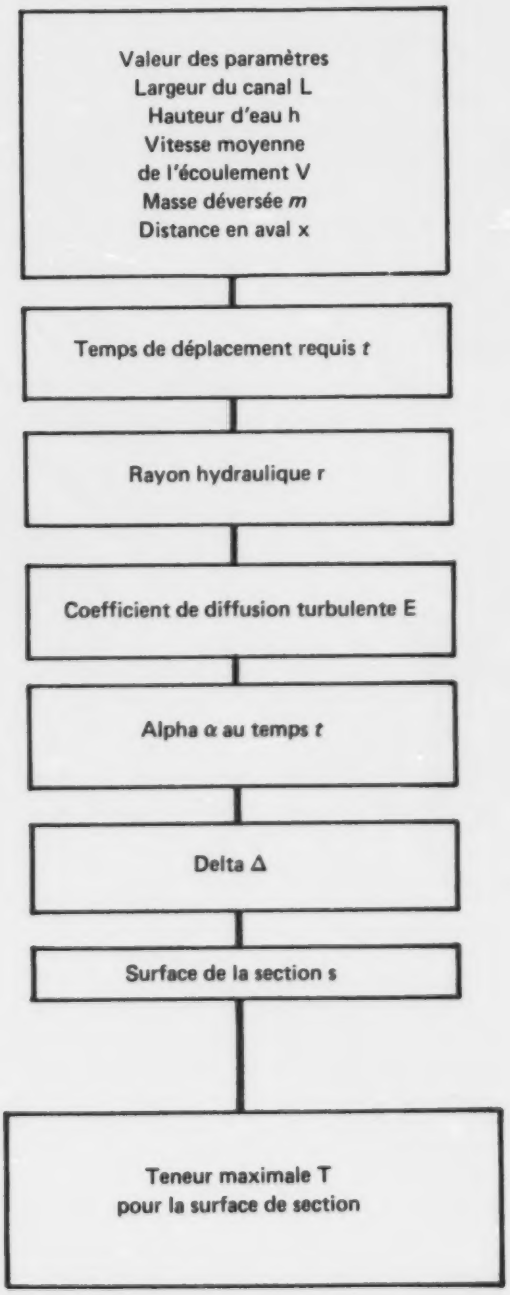
Figure 24 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. – Les données connues sur le rayon hydraulique r et sur la vitesse moyenne de l'écoulement V permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente E.

* Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion: leur utilité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu du déversement.

Figure 21

MÉTHANOL

ÉTAPES À SUIVRE POUR CALCULER LA TENEUR EN POLLUANT D'UN COURS D'EAU NON SOUMIS AUX MARÉES



Étape 1 Par observation ou évaluation

L = _____ m
h = _____ m
V = _____ m/s
m = _____ tonnes
x = _____ m

Étape 2 *t* = _____ mn (fig. 22)

Étape 3 r = _____ m (fig. 23)

Étape 4 E = _____ m^2/s (fig. 24)

Étape 5 α = _____ (fig. 25)

Étape 6 Δ = _____ (fig. 26)

Étape 7 s = L x h = _____ m^2

Étape 8 T = _____ ppm (fig. 27)

Figure 22

MÉTHANOL

DISTANCE
EN FONCTION DU TEMPS

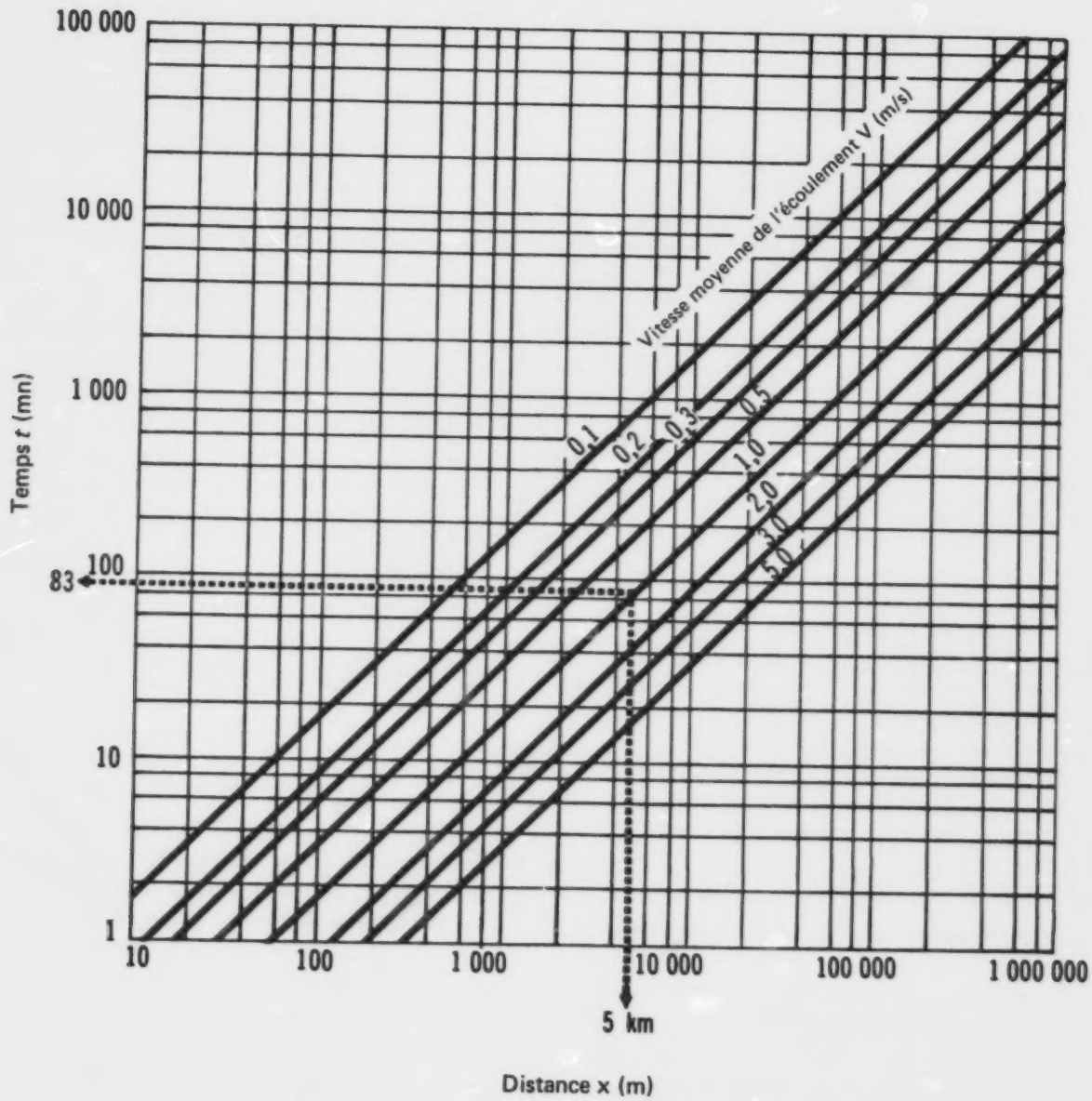


Figure 23

MÉTHANOL

RAYON HYDRAULIQUE
EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

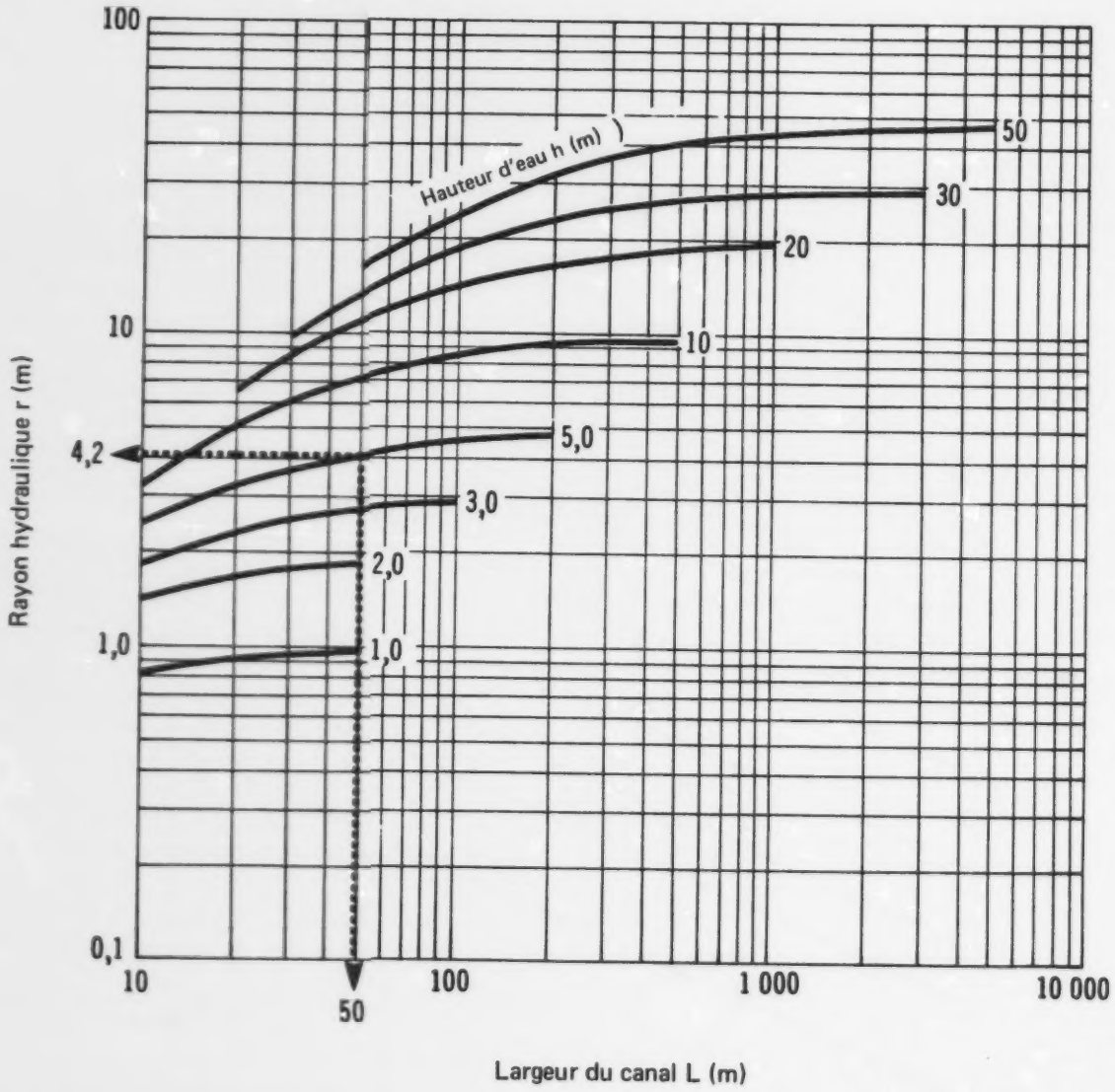


Figure 24

MÉTHANOL

COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

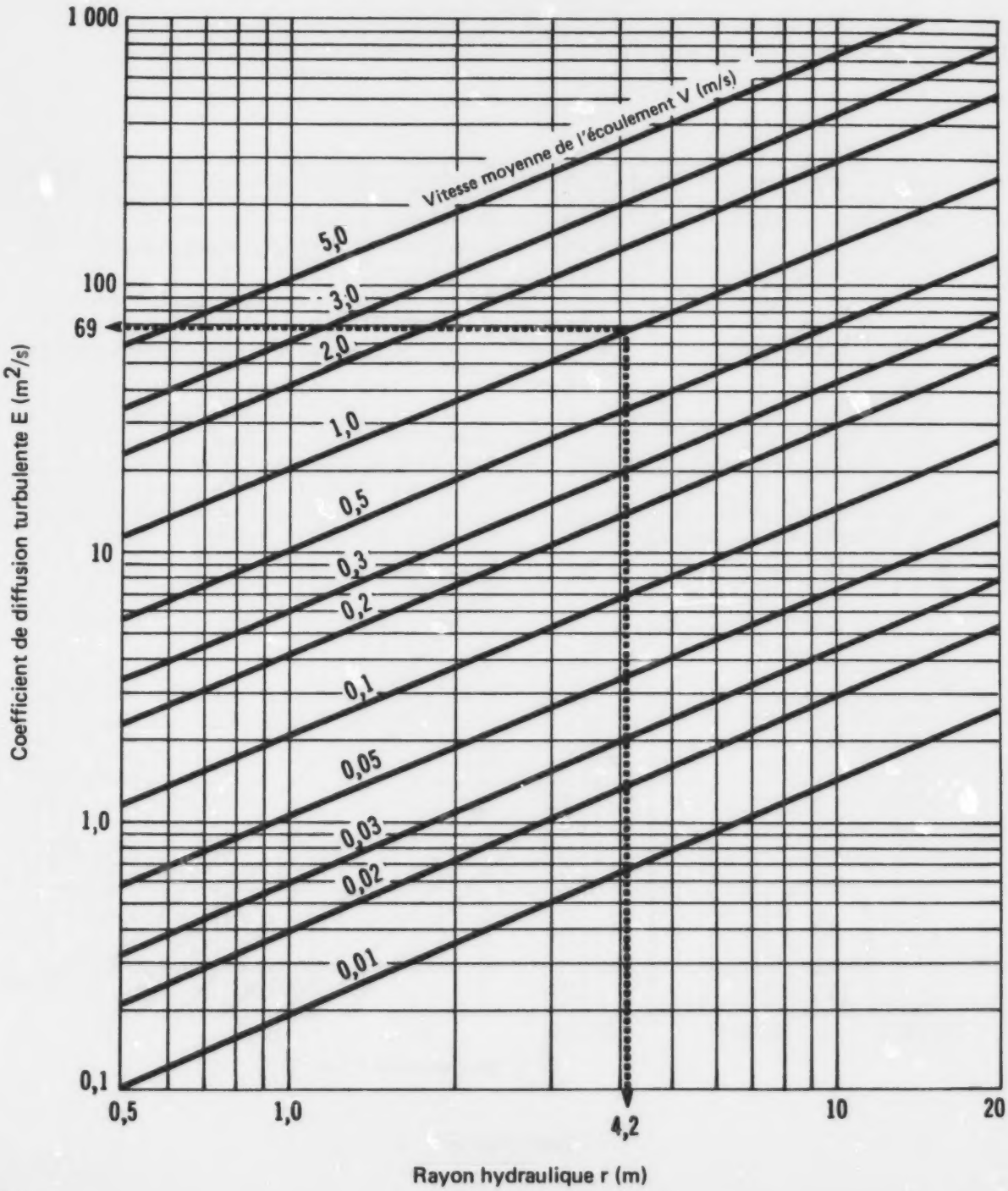


Figure 25 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. – Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion α; ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente E et du temps t requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

Figure 26 Delta en fonction de alpha. – Un second facteur de conversion, delta Δ, est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta est fonction d'alpha et de la masse de liquide déversé.

Figure 27 Teneur maximale en fonction de delta. – Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section mouillée s, le lecteur trouve rapidement la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

5.4.2.2 Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau

Figure 28 Volume d'eau en fonction du rayon. – L'étendue d'eau calme (ni vent, ni courant) touchée par le déversement d'un liquide miscible à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, est représentée par un cylindre théorique de rayon r et de longueur égale à la hauteur d'eau h à l'endroit où le déversement se produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 28. Le rayon r équivaut à la distance x entre le lieu du déversement et le point où la teneur est mesurée.

Figure 29 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau. – Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon la masse de liquide déversé. Il est pris pour acquis que la diffusion du polluant est uniforme dans le cylindre. En pratique, dans le cas de substances dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

5.4.3 Exemples de calcul

5.4.3.1 Teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées. – Vingt tonnes de méthanol ont été déversées dans une rivière. La hauteur d'eau h est de 5 m et la largeur L, de 50 m. La vitesse moyenne de l'écoulement est évaluée à 1 m/s. Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
L = 50 m; h = 5 m; V = 1 m/s; x = 5000 m;
m = 20 tonnes.

Étape 2 Déterminer le temps requis pour atteindre le point donné.
Comme x = 5000 m et V = 1 m/s, t = 83 mn (fig. 22).

Étape 3 Déterminer le rayon hydraulique.
Comme L = 50 m et h = 5 m, r = 4,2 m (fig. 23).

Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente.
Comme r = 4,2 m et V = 1 m/s, E = 69 m^2/s (fig. 24).

Étape 5 Déterminer alpha.
Comme E = 69 m^2/s et t = 83 mn, α = 2000 (fig. 25).

Étape 6 Déterminer delta.
Comme α = 2000 et m = 20 tonnes, Δ = 10 (fig. 26).

Étape 7 Calculer la surface de la section mouillée.
s = L x h = 50 x 5 = 250 m^2.

Figure 25

MÉTHANOL

ALPHA
EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE

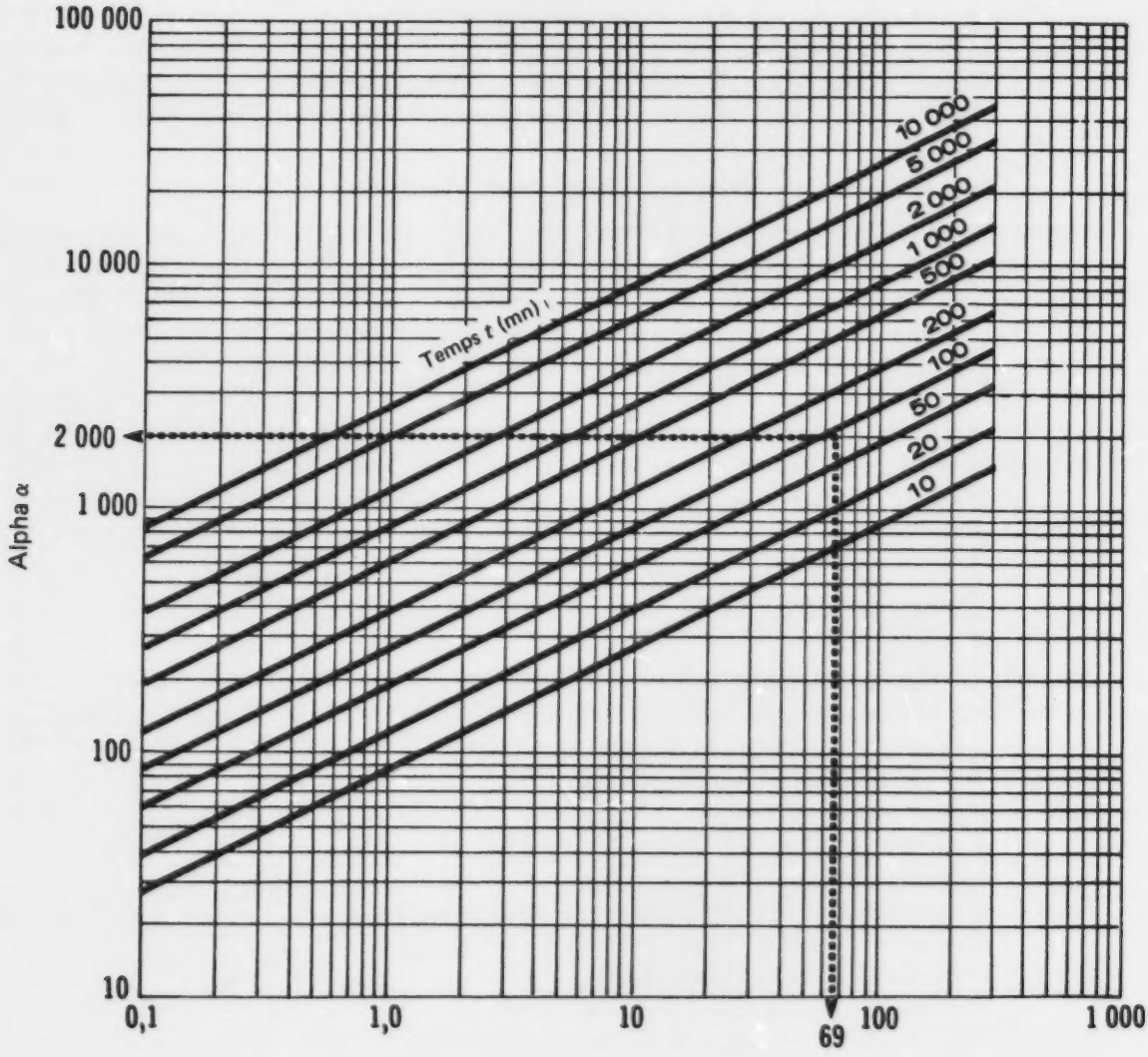


Figure 26

MÉTHANOL

DELTA
EN FONCTION DE ALPHA

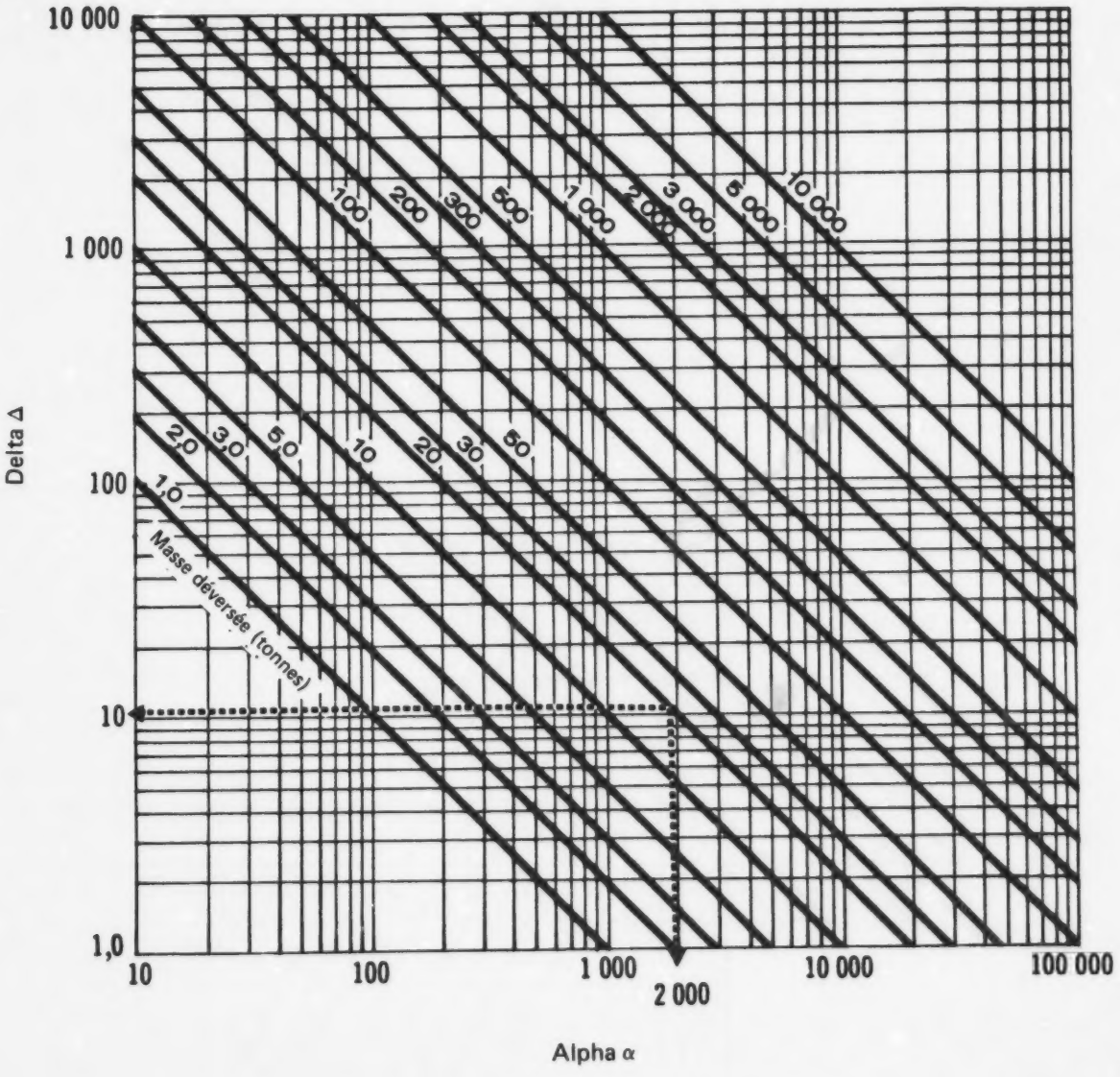


Figure 27

MÉTHANOL

TENEUR MAXIMALE
EN FONCTION DE DELTA

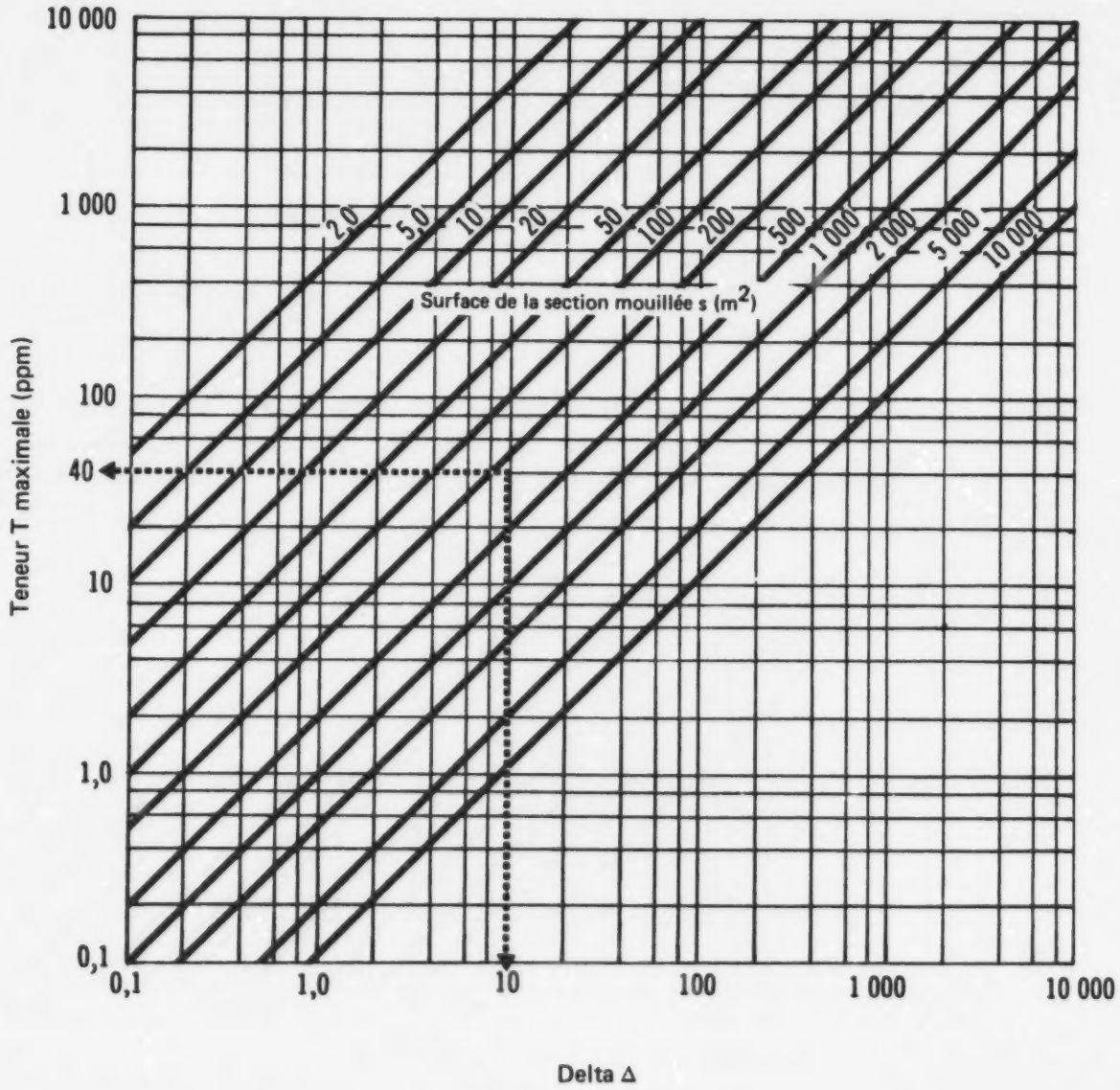


Figure 28

MÉTHANOL

VOLUME D'EAU EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

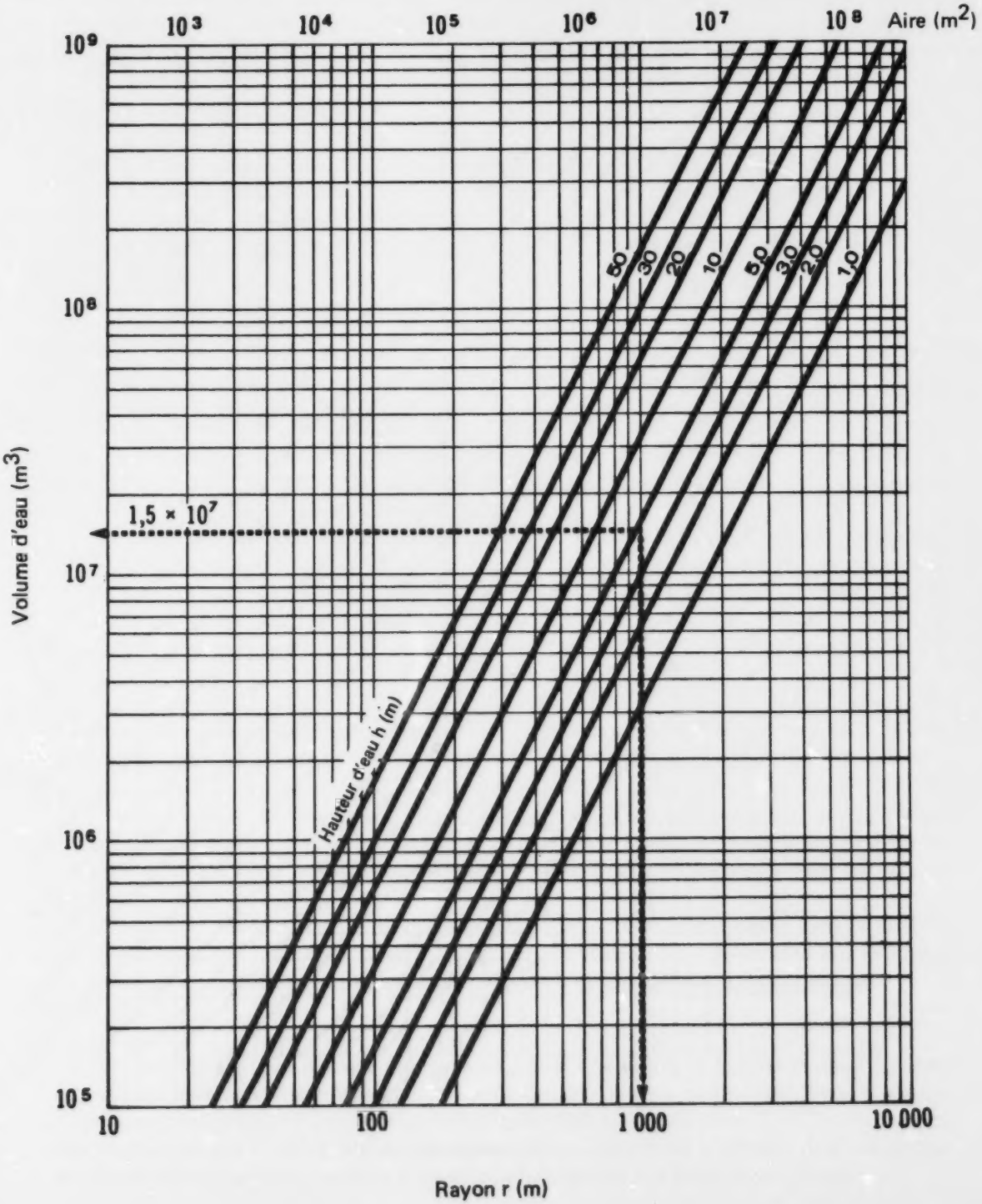
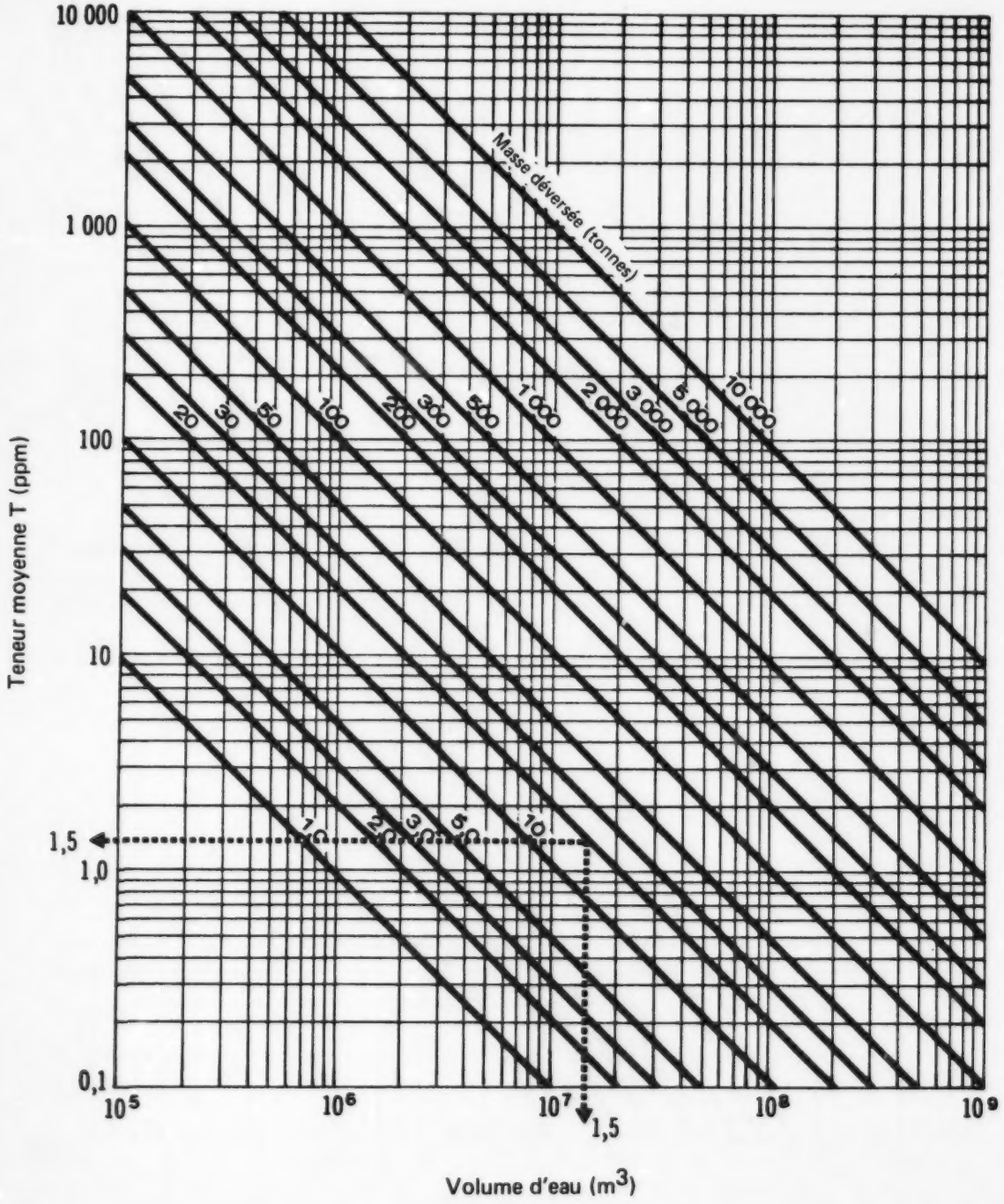


Figure 29

MÉTHANOL

TENEUR MOYENNE
EN FONCTION DU VOLUME D'EAU



Étape 8 Déterminer la teneur maximale au point donné.
Comme $\Delta = 10$ et $s = 250\ m^2$, $T = 40$ ppm (fig. 27).

5.4.3.2 Teneur en polluant dans les lacs au repos et autres plans d'eau. – Vingt tonnes de méthanol ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1000 m du lieu du déversement. Entre ce lieu et le point donné, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur moyenne prévisible en ce point?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
$h = 5$ m; $r = 1000$ m; $m = 20$ tonnes.

Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion.
Comme $r = 1000$ m et $h = 5$ m, vol. $= 1{,}5 \times 10^7\ m^3$ environ (fig. 28).

Étape 3 Déterminer la teneur moyenne.
Comme vol. $= 1{,}5 \times 10^7\ m^3$ et $m = 20$ tonnes, $T = 1{,}5$ ppm (fig. 29).

5.5 Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol

5.5.1 Introduction. – Les lois de la migration des fluides dans le sol, ainsi que leur application dans le cadre de la collection «Enviroguide», sont exposées dans le manuel d'introduction de la collection. Les éléments dont il faut tenir compte dans le cas du déversement et de la migration du méthanol sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

Le méthanol se mélange facilement à l'eau. Répandu sur le sol, il y pénètre rapidement. Des précipitations au moment du déversement ou de l'eau utilisée pour nettoyer la surface du sol auront pour effet de diluer le méthanol qui pénètre dans le sol. L'évaporation sera considérable si le méthanol déversé est de titre fort.

Si le sol de surface est saturé en eau au moment de l'accident, comme cela peut se produire à la suite de précipitations, le méthanol ruissellera et/ou s'évaporera.

Dans la présente section, les auteurs ont attribué au sol une capacité normale d'humidité, dite capacité au champ. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant: il s'agit donc d'un scénario parmi les pires.

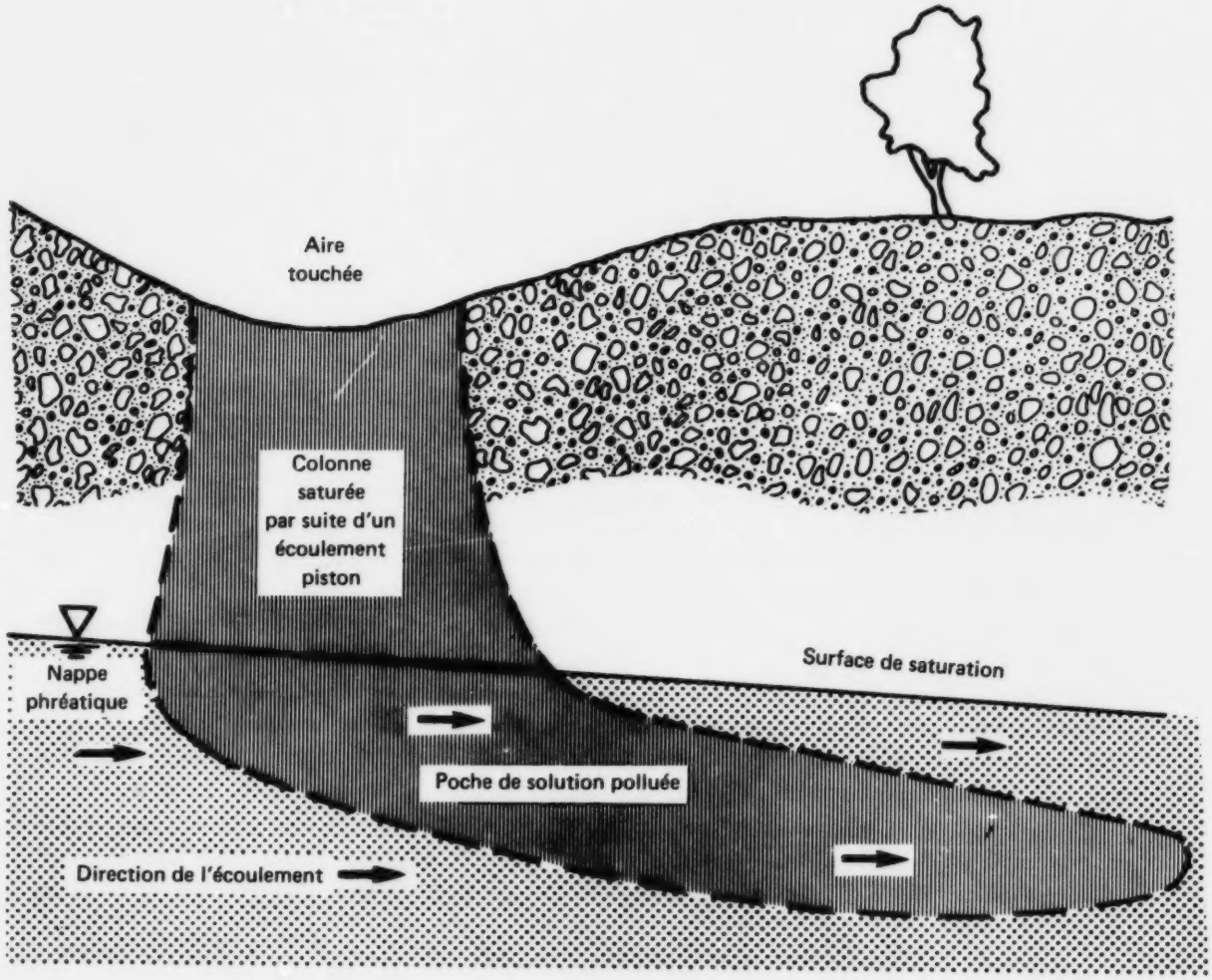
Au cours de sa migration, le méthanol continue à s'évaporer. Néanmoins, une proportion considérable du fluide poursuit son mouvement descendant jusqu'à la nappe phréatique. En fait, l'analyse présentée dans les paragraphes qui suivent ne tient compte d'aucun facteur de retardement.

Lorsque le fluide atteint la nappe phréatique, il continue sa migration dans la direction de l'écoulement de l'eau de la nappe. Il forme une poche de solution polluée, au sein de laquelle les phénomènes de diffusion et de dilution contribuent à une certaine baisse de la teneur en polluant (fig. 30).

5.5.2 Migration du polluant dans un sol à capacité au champ. – Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du fluide dans la zone non saturée, jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le manuel d'introduction de la collection. Les vitesses de migration font intervenir la loi de Darcy, en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc (ou écoulement piston).

Figure 30

MÉTHANOL — **MIGRATION DANS LE SOUS-SOL**



Sol: sable grossier
Porosité = 0,35, perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2, capacité au champ = 0,075

5.5.3 Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant. – Le coefficient de perméabilité K_0 (ou conductivité hydraulique) mesure la perméabilité d'un sol saturé donné vis-à-vis d'un fluide donné. K_0, qui s'exprime en m/s, est donné par la formule suivante:

$$K_0 = \frac{(\rho g)\, k}{\mu}$$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)
ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)
μ = viscosité absolue du fluide (Pa . s)
g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

Dans le cas présent, les fluides sont: du méthanol pur; une solution titrant 30 p. 100 (en poids) de méthanol; de l'eau. Les valeurs établies pour l'eau correspondent au point extrême de dilution.

Valeurs établies pour les fluides

	Méthanol pur		Solution titrant 30 p. 100	Eau
Paramètre	20 °C	4 °C	(20 °C)	(20 °C)
Masse volumique (kg/m^3)	791	795	951	998
Viscosité absolue (Pa . s)	$0{,}65 \times 10^{3}$	$0{,}75 \times 10^{-3}$	$1{,}8 \times 10^{-3}$	$1{,}0 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité d'un sol saturé (m/s)	$(1{,}19 \times 10^{7})\, k$	$(1{,}04 \times 10^{7})\, k$	$(0{,}52 \times 10^{7})\, k$	$(0{,}98 \times 10^{7})\, k$

5.5.4 Types de sol. – Le manuel d'introduction de la collection décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous présente les valeurs établies pour les paramètres qui influent sur la migration des fluides.

Valeurs établies pour les sols

Paramètre	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

5.5.5 Nomogrammes de la migration. – Un nomogramme de la migration du fluide dans la couche de sol non saturée (c.-à-d. à capacité au champ) située au-dessus de la nappe phréatique a été préparé pour chaque type de sol mentionné. Chaque nomogramme montre la hauteur totale de migration h_m en fonction du temps de migration pour un volume donné de fluide déversé au sein d'une colonne de sol d'une superficie donnée. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le fluide après un temps donné doit être considérée comme maximale. Le lecteur trouvera à la figure 31 le plan d'utilisation des nomogrammes présentés aux figures 32 à 34.

Figure 31

MÉTHANOL **PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES**

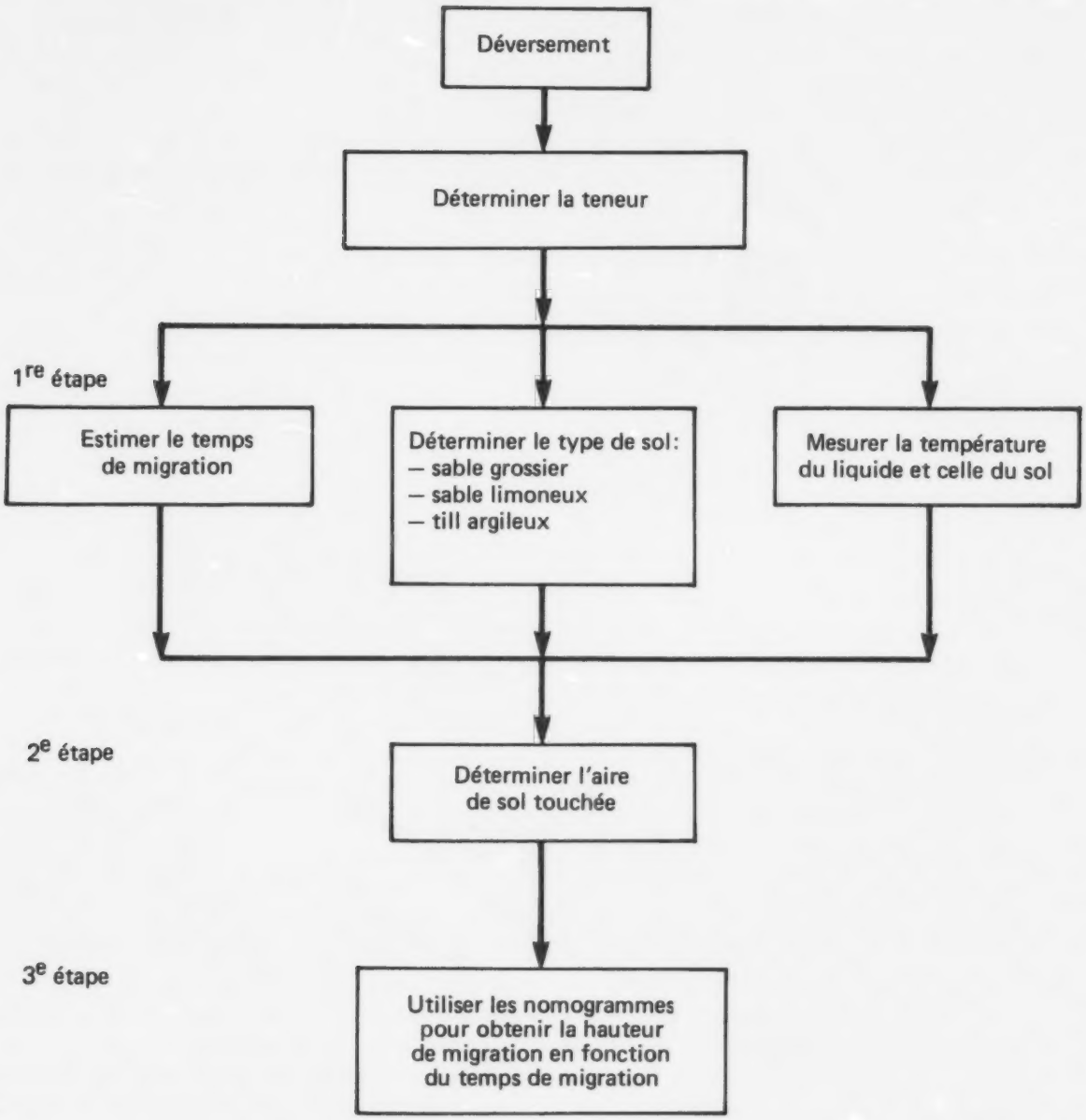


Figure 32

MÉTHANOL

MIGRATION DANS UN SOL GROSSIER

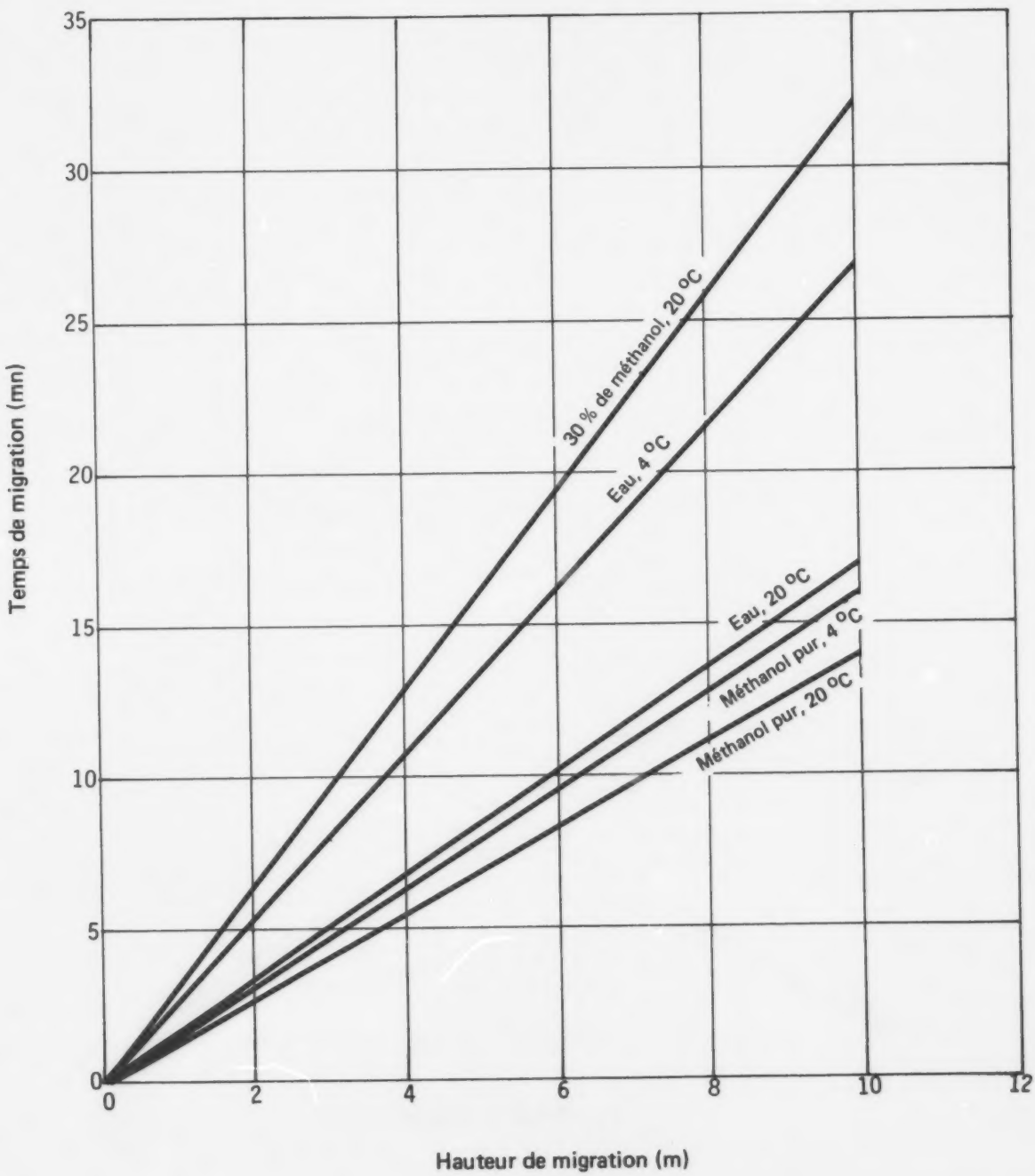


Figure 33

MÉTHANOL — **MIGRATION DANS UN SOL LIMONEUX**

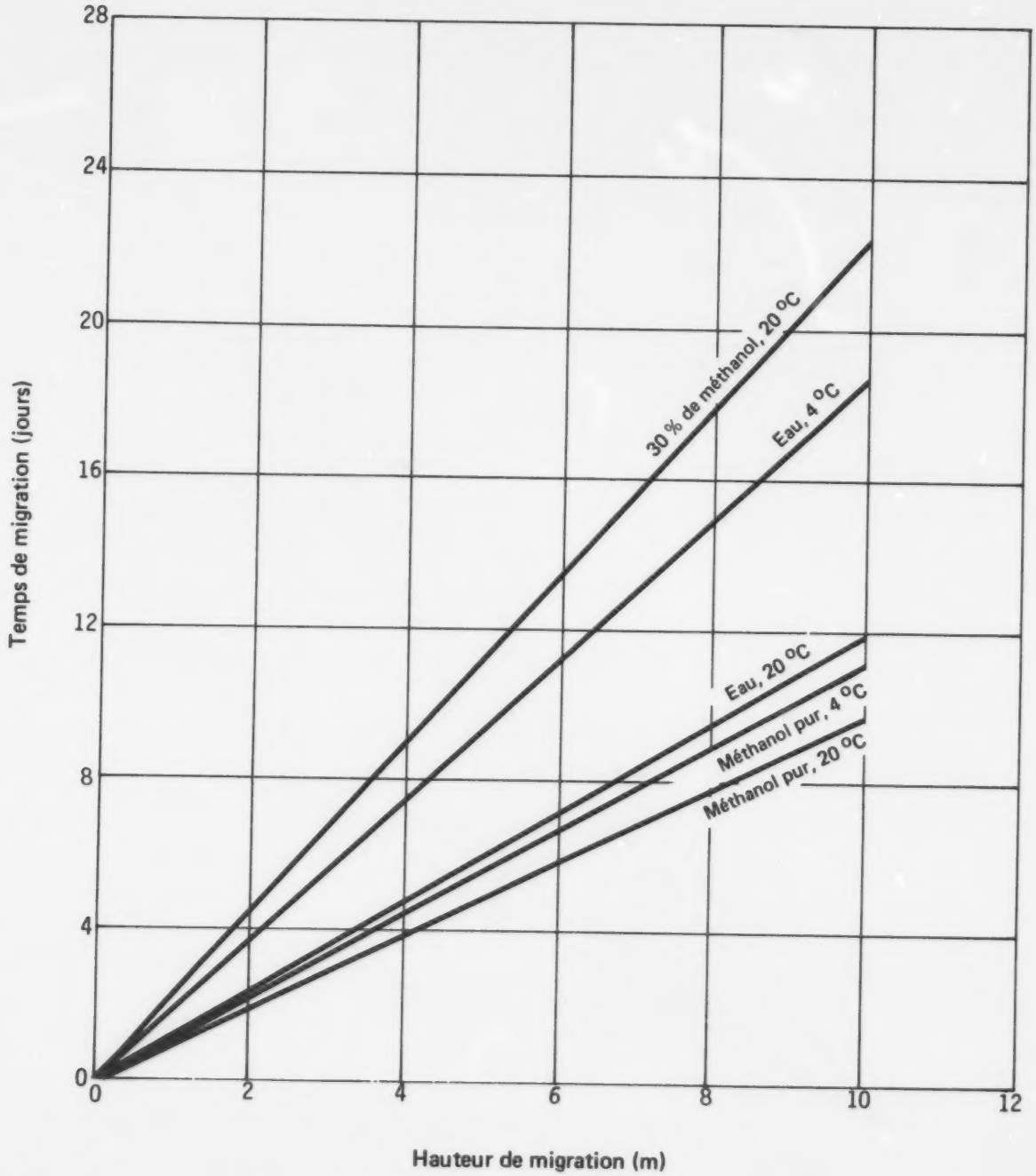
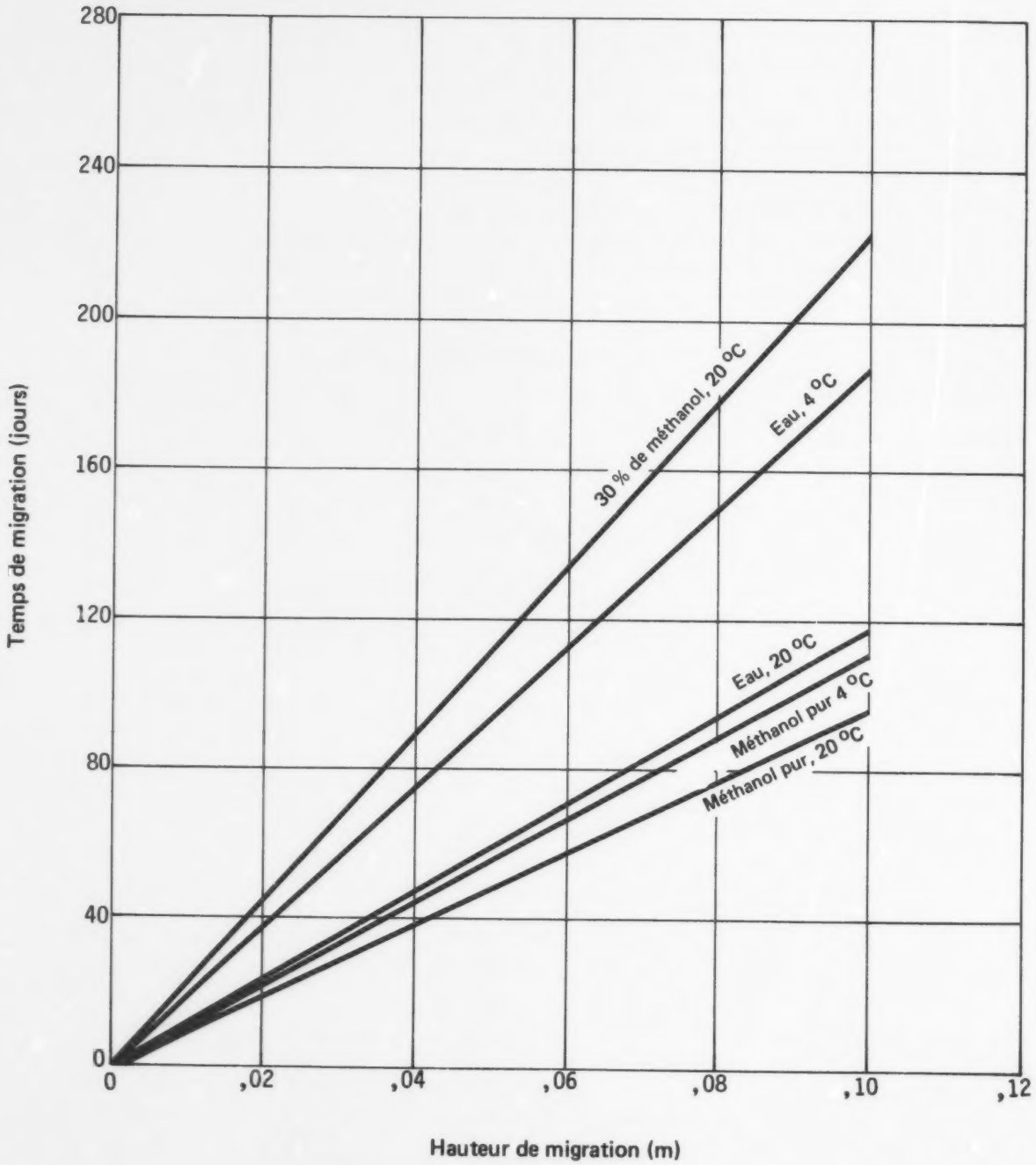


Figure 34

MÉTHANOL

MIGRATION DANS UN TILL ARGILEUX



5.5.6 Exemple de calcul. – Vingt tonnes de méthanol se sont répandues sur un sol constitué de sable grossier. L'aire touchée a un rayon de 8,6 m. La température atteint 20 °C. Calculer la hauteur de migration atteinte par le fluide, 10 minutes après le moment de l'accident.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

Masse de fluide déversée = 20 000 kg (20 tonnes)
Température = 20 °C
Rayon de l'aire touchée = 8,6 m
Type de sol = sable grossier
Profondeur de la surface de saturation = 13 m
Temps écoulé depuis le moment du déversement = 10 minutes

Étape 2 Calculer l'aire touchée par le fluide.

Aire = πr^2 = 232 m^2

Étape 3 Évaluer la hauteur de migration après 10 minutes.

Hauteur de migration = 7,1 m
(La surface de saturation n'est pas atteinte.)

6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

6.1.1 Qualité de l'eau. – Aux U.S.A., une teneur maximale en méthanol de 0,001 mg/l est recommandée pour l'eau de boisson (OHM-TADS, 1981).

6.1.2 Qualité de l'air. – En Ontario, la norme d'environnement, en ce qui concerne la teneur de l'air en méthanol est de 8400 μ/m^3 (Ontario E.P.Act, 1971).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux U.S.A. – La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) au méthanol correspond à une teneur supérieure à 1000 ppm (RTECS, 1979).

6.2.2 Mesure de la toxicité

Toxicité pour les poissons

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions (eau)	Source
17 000	24		Létal		Ryerman, 1966
250	11	Poisson doré	Létal	Distillée	WQC, 1963
19 000	96	Truite arc-en-ciel	Teneur létale 50	12 °C	Johnson, 1980
8 100	24	Alevin de truite	Aucun effet nocif	Naturelle	WQC, 1963
8 000	24	Mulet à cornes	Teneur létale 0	De la rivière Detroit	Gillette, 1952
17 000	24	Mulet à cornes	Teneur létale 100	De la rivière Detroit	Gillette, 1952
8 000	48	Truite	TLm		Verschueren, 1984
10 900	336	Guppy	Teneur létale 50		TWPCF, 1983

Toxicité pour les micro-organismes

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions (eau)	Source
31 000		Algue (*Chlorella pyrenoidosa*)	Toxique		Verschueren, 1984
10 000		Algue (*Scenedesmus*)	Dose létale		Verschueren, 1984
6 000		Bactérie (*Pseudomonas*)	Dose létale 0		Verschueren, 1984
1 250		Protozoaire (*Colpoda*)	Dose létale 0		Verschueren, 1984
6 600		Bactérie (*Pseudomonas*)	Inhibition de la multiplication cellulaire		Verschueren, 1984
530		Algue (*Microcystis aeruginosa*)	Inhibition de la multiplication cellulaire		Verschueren, 1984

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions (eau)	Source
710 000		Protozoaire (*Entosiphon sulcatum* et *Uronema parduezi*)	Inhibition de la multiplication cellulaire		Verschueren, 1984

Toxicité pour les invertébrés

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions (eau)	Source
			A. – Eau douce		
32 000		Daphnia	Seuil d'immobilisation		WQC, 1963
10 000	48	Daphnia	Aucun effet		Verschueren, 1984
			B. – Eau de mer		
10 000	24	Artémia	TLm		Price, 1974
1 700	96	Crevette grise	Teneur létale 50		Portman, 1970
10 000	96	Coque	Teneur létale 50		Portman, 1970

6.3 Autre toxicité dans l'air et sur terre

Les effets du méthanol n'ont pas fait l'objet de recherches poussées. Des études récentes menées en Russie donnent à penser que des teneurs supérieures à 0,2 mg/m^3 peuvent réduire la photosynthèse chez certaines espèces d'arbres (CHIPS, 1980).

6.4 Dégradation du polluant

DBO (kg/kg)	DBO (% théorique)	Jour(s)	Milieu	Méthode	Source
	48 à 53,5	5			Verschueren, 1984
> 1	76	5	Eaux usées		Price, 1974
> 1	95	20	Eaux usées		Price, 1974
> 1	69	5	Eaux usées	Eau salée	Price, 1974
> 1	97	20	Eaux usées	Eau salée	Price, 1974
> 1	90	5	Boues activées	Sédimentation intermittente	Ryerman, 1966
< 1	3	5	Boues activées	Station d'épuration	Ryerman, 1966
> 1	55	1	Boues activées	Station d'épuration	Ryerman, 1966
> 1	54	6	Culture bactérienne pure		Ryerman, 1966
> 1	67	20	Eaux usées		Gloyna, 1963
0,76 à 1,12		5	Varié	Variée	Verschueren, 1984
	62,7	10	Eaux usées	Eau d'une dilution déminéralisée	Verschueren, 1984

Une teneur en méthanol supérieure à 5000 mg/l réduit l'efficacité d'une station d'épuration (Breszkiewicz, 1979). La DCO du méthanol mesurée est de 1,05 à 1,5 (poids/poids) pour 95 à 99 p. 100 de la demande d'oxygène théorique (Verschueren, 1984).

6.5 Devenir et effets à long terme

Le méthanol se biodégrade très rapidement (OHM-TADS, 1981).

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Les effets toxiques du méthanol sont abondamment rapportés dans la documentation. L'absorption de méthanol peut se faire par voie orale, cutanée ou encore par inhalation. Ces trois modes d'absorption peuvent causer des dommages sérieux au système nerveux central, notamment la narcose et, de façon plus importante, des dommages irréversibles au nerf optique, pouvant ainsi causer la cécité. Le méthanol est considéré comme un toxique cumulatif étant donné que ce composé et ses métabolites nocifs ne sont éliminés que lentement (Sax, 1981).

La plupart des recherches sur la toxicité du méthanol datent d'avant 1970. Le NIOSH a préparé un compte rendu des effets de l'exposition au méthanol sur la santé en 1976 (NIOSH, 1976). La documentation ne comporte aucune référence quant à la mutagénicité, à la tératogénicité ou à la carcinogénicité du méthanol. Ce composé figure dans l'inventaire TSCA de l'EPA.

Les données toxicologiques présentées ci-après sont extraites de sources dignes de confiance. Il est à noter que certaines données valent pour des expositions de longue durée à de faibles teneurs, de sorte qu'elles peuvent ne pas s'appliquer parfaitement à un cas de déversement. Seules les données sur les expositions de courte durée à de fortes teneurs sont données pour les mammifères autres que l'homme, pour appuyer l'interprétation des données sur la santé, au besoin.

7.1 Normes d'exposition

Les normes d'exposition recommandées dans le cas du méthanol visent à minimiser ses effets néfastes sur les yeux et le système nerveux central et à prévenir l'acidose métabolique et les maux de tête produits par une exposition (Doc. TLV, 1981). Les directives des provinces, au Canada, sont généralement semblables à celles qui ont été élaborées par l'ACGIH aux U.S.A., sauf indication contraire.

Teneurs maximales admissibles

Norme	Origine	Teneur	Source
	Moyenne pondérée en fonction du temps		
TLV® - peau (8 h)	ACGIH	200 ppm (260 mg/m^3)	TLV, 1983
PEL (8 h)	OSHA	200 ppm (260 mg/m^3)	NIOSH/OSHA, 1981
	Exposition de courte durée		
STEL (15 mn)	ACGIH	250 ppm (310 mg/m^3)	TLV, 1983
Plafond (15 mn)	NIOSH	800 ppm (1048 mg/m^3)	NIOSH/OSHA, 1981

Autres aspects de la toxicité pour l'homme

Notion	Origine	Teneur	Source
IDLH	NIOSH	25 000 ppm	NIOSH Guide, 1978
Teneur tox. min. (inhalation)		86 000 mg/m^3	RTECS, 1979
Dose létale min. (orale)		340 mg/kg	RTECS, 1979
Dose létale probable (orale)		5,0 à 0,5 g/kg (1 pinte à 1 once pour un homme de 150 livres)	TDB (on-line), 1981

Indice de toxicité par inhalation. – L'indice de toxicité par inhalation (I.T.I.) représente une mesure de la capacité d'une substance à produire un effet nocif à la suite d'une inhalation. On le calcule de la façon suivante:

I.T.I. = 1315,12 (pression de vapeur en mm de Hg/TLV®)

à 20 °C, I.T.I. = 1315,12 (96 mm de Hg/200 ppm)

à 20 °C, I.T.I. = $6{,}3 \times 10^2$

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 **Contact avec la peau.** – Le méthanol peut être absorbé par voie cutanée et des effets toxiques généraux sont alors à craindre. La présente section, cependant ne traite que des effets irritants, c'est-à-dire des effets locaux qui résultent du contact. Le lecteur trouvera à la section 7.4.3 les données relatives aux effets généraux.

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Dissolution des lipides de la peau et dermatite bénigne	USDHEW, 1977
Non précisée	Lésions cutanées à la fois érythémateuses et squameuses chez des bébés et des enfants dont les vêtements étaient trempés de méthanol	Gimenez, 1968, dans NIOSH, 1976
Non précisée	Dermatite	Albany, 1917, dans NIOSH, 1976
• CHEZ LE LAPIN		
500 mg/kg (24 h)	Irritation d'intensité moyenne	RTECS, 1979

7.2.2 **Contact avec les yeux.** – Le méthanol peut causer des dommages aux yeux par plus d'une voie d'exposition. La présente section porte sur les effets irritants d'une exposition locale, directe, au méthanol à l'état liquide ou à l'état de vapeurs.

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
< 2000 ppm	Presque aucune irritation	USDHEW, 1977
5 ppm (24 h)	Irritation d'intensité moyenne	RTECS, 1979
Non précisée	Conjonctivite	ITII, 1981
• CHEZ LE LAPIN		
40 mg	Irritation d'intensité moyenne	RTECS, 1979

7.3 Données sur les propriétés organoleptiques

7.3.1 **Odeur.** – Le méthanol dégage une odeur qui ressemble à celle de l'alcool (CHRIS, 1978). Valeur du seuil de perception: 2393 (Verschueren, 1984).

Paramètre	Milieu	Teneur	Source
Seuil de perception	Air	5900 ppm	May, 1966, dans NIOSH, 1976
Seuil de perception chez des sujets non adaptés	Air	2000 ppm	May, 1966, dans NIOSH, 1976
Seuil de perception	Air	8,5 à 3,3 ppm	Chao Chin-Tsi, 1959, dans NIOSH, 1976
Seuil d'identification	Air	100 ppm	ASTM, 1980
Seuil d'identification	Air	59 ppm	ASTM, 1980
Plage du seuil de perception	Air	5 à 7000 ppm	Verschueren, 1984
Plage du seuil d'identification	Air	500 à 11 000 ppm	Verschueren, 1984
Seuil de perception d'une odeur distincte	Air	8800 ppm	Verschueren, 1984
Seuil d'identification par le jury entier	Air	2313 ppm	Verschueren, 1984

7.3.2 **Saveur.** – Aucune donnée n'a été obtenue.

7.4 Études sur les effets toxiques

7.4.1 Inhalation

Exposition	Effets	Source
	A. – Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
65 000 ppm	Teneur toxique minimale, irritation	RTECS, 1979
2000 ppm (1 h)	Apparition d'effets toxiques graves	Verschueren, 1984
500 à 6000 ppm	Maux de tête et vue brouillée par suite d'une exposition dans un lieu restreint	Doc. TLV, 1981
1000 ppm (1 h)	Limite de tolérance	Kirk-Othmer, 1981
800 à 1000 ppm (8 h)	Une exposition à 8 grammes est jugée susceptible de causer des blessures graves aux yeux	Doc. TLV, 1981
500 ppm (8 h)	Limite de tolérance	Kirk-Othmer, 1981
300 ppm	Teneur toxique minimale, effets sur le système nerveux central	ITII, 1981
200 ppm (24 h)	Limite de tolérance	Kirk-Othmer, 1981
3,1 ppm	Changement marqué de la sensibilité des yeux chez les sujets. Aucune réaction observée à 2,4 ppm	Ubaydullayer, 1968, dans NIOSH, 1976
3 ppm (60 j)	Limite de tolérance	Kirk-Othmer, 1981
2,5 ppm	Les sujets commencent à manifester des signes de diminution de la sensibilité à la lumière	Chao Chen-Tsi, 1959, dans NIOSH, 1976
Non précisée	Cécité et décès	Doc. TLV, 1981
Non précisée	Intoxication aiguë chez 24 hommes: aucun effet sur les yeux n'a été observé chez 9 d'entre eux; 7 ont eu des effets passagers, notamment: oedème péripapillaire, hyperémie du disque optique, diminution de la réaction de la pupille à la lumière et scotome central.	TDB (on-line), 1981

Exposition	Effets	Source
Non précisée	Parmi 24 hommes ayant subi une intoxication aiguë: 8 ont présenté une pâleur permanente du disque optique, une atténuation et un déchirement de l'artériole, une diminution de la réaction de la pupille à la lumière, une diminution de l'acuité visuelle, un scotome central et d'autres troubles du nerf optique; 2 ont été atteints de cécité complète; 4 ont subi un grave déficit visuel.	TDB (on-line), 1981
• CHEZ LE SINGE		
1000 ppm	Teneur létale minimale	RTECS, 1979
• CHEZ LE CHIEN		
Non précisée	À la suite d'une inhalation, les effets suivants ont été observés: hyperémie de la corroïde et oedème du tissu oculaire avec signes avant-coureurs de dégénérescence des cellules ganglioniques de la rétine et des fibres nerveuses.	TDB (on-line), 1981
Non précisée	Hémorragies pétéchiales dans les poumons et oedème pulmonaire	TDB (on-line), 1981
• CHEZ LE CHAT		
65 700 ppm (4,5 h)	Teneur létale 50	Verschueren, 1984
33 600 ppm (6 h)	Incoordination, mort de 50 sujets	TDB (on-line), 1981
18 300 ppm (6 h)	Aucun décès, salivation initiale	TDB (on-line), 1981
• CHEZ LE LAPIN		
61 100 ppm (134 mn)	Teneur létale 50	Verschueren, 1984
Non précisée	Bronchopneumonie inégale, oedème, congestion et desquamation de l'épithélium alvéolaire	TDB (on-line), 1981
• CHEZ LE RAT		
49 700 ppm (1 h)	Somnolence	TDB (on-line), 1981
	B. – Exposition de longue durée	
• CHEZ L'HOMME		
4000 à 13 000 ppm (jusqu'à 12 h)	Conjonctivite, maux de tête, vertige, insomnie, troubles gastriques et troubles de la vue Décès d'une femme	Doc. TLV, 1981
160 à 780 ppm	Aucun dommage observé chez les travailleurs exposés	Doc. TLV, 1981
200 à 375 ppm	Exposition à des composés volatils contenant 5 à 98 p. 100 de méthanol: maux de tête	Kingsley et Hirsh, 1955, dans NIOSH, 1976
300 ppm	Des personnes ont signalé avoir souffert de maux de tête pendant qu'elles travaillaient à faire fonctionner des photocopieurs	Doc. TLV, 1981
40 à 45 ppm	Expositions allant de 9 mois à 2 ans dans des lieux de travail: troubles de la vue	Greenburg et coll., 1938, dans NIOSH, 1976

7.4.2 Ingestion

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
0,5 à 5 g/kg	Dose létale probable par voie orale: 1 pinte à 1 once pour un homme de 70 kg	TDB (on-line), 1981
15 à 500 ml (40 p. 100)	Sur 323 personnes, 41 ont été tuées, 115 ont souffert d'acidose. La période latente entre l'ingestion et l'apparition des symptômes a été de 6 à 72 heures (la moyenne étant de 24 heures). Toutes les victimes ont souffert d'un affaiblissement de la vue et d'une vue brouillée; 62 p. 100 ont souffert de céphalées, 30 p. 100 de vertige, faiblesse et malaise général. Plusieurs ont souffert de stupeur et de comatose. Une certaine amnésie a été observée. 52 p. 100 ont souffert de nausées et de vomissements; 10 p. 100, de diarrhée; 67 p. 100 se sont plaints d'atroces douleurs dans le haut de l'abdomen; enfin, 25 p. 100 des victimes d'acidose ont manifesté des troubles respiratoires plus ou moins marqués.	Bennett et coll., 1953, dans NIOSH, 1976
70 à 100 ml	Habituellement mortel	TDB (on-line), 1981
25 à 100 ml	Dose mortelle	Kirk-Othmer, 1981
15 ml	Cécité	TDB (on-line), 1981
• CHEZ LE SINGE		
7000 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979
• CHEZ LE CHIEN		
7500 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979
• CHEZ LE LAPIN		
7500 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979
• CHEZ LE RAT		
13 g/kg	Dose létale 50	RTECS, 1979
• CHEZ LA SOURIS		
420 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979

7.4.3 Absorption par voie sous-cutanée. – Le méthanol peut traverser la peau et provoquer des effets s'étendant à tout l'organisme.

Exposition	Effets	Source
	A. – Exposition de brève durée	
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Dix-neuf enfants ont été exposés au méthanol, alors que leurs vêtements ont été trempés de ce produit à la hauteur de l'abdomen. Le délai entre l'exposition et l'apparition des symptômes a varié de 1 à 13 heures (en moyenne, 7 heures et quart). Les symptômes	Gimenez, 1968, dans NIOSH, 1976

Exposition	Effets	Source
	suivants ont été observés: dépression du système nerveux central, dépression respiratoire et convulsions. Douze enfants sont morts d'arrêt cardiaque ou respiratoire. On a observé 2 cas de papillite et d'hémorragie dans le fond de l'oeil. Cinq enfants montraient des lésions cutanées à la hauteur de l'abdomen.	
• CHEZ LE SINGE 500 mg/kg	Dose létale minimale (peau)	RTECS, 1979
• CHEZ LE LAPIN 20 g/kg	Dose létale 50 (peau)	RTECS, 1979
	B. – Exposition de longue durée	
• CHEZ L'HOMME Non précisée	Un peintre employé périodiquement (3 ou 4 jours à la fois) pendant 3 ans utilisait du méthanol pour se nettoyer les mains et les bras. Il devint brusquement aveugle après une courte maladie. Au travail, il se plaignait d'étourdissements et de troubles de la vue. Avant de perdre la vue, il eut des frissons et il souffrit d'engourdissements et d'élancements au niveau des membres inférieurs.	De Schwernitz, 1901, dans NIOSH, 1976

7.4.4 Mutagénicité, tératogénicité, carcinogénicité. – Aucune donnée n'a été obtenue.

7.5 Symptômes et conséquences de l'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes ou troubles de nature particulière ou inhabituelle sont suivis de la référence appropriée.

7.5.1 Inhalation

1. Irritation
2. Maux de tête
3. Étourdissements, vertige
4. Insomnie (TDB (on-line), 1981)
5. Conjonctivite
6. Troubles gastriques
7. Diminution du réflexe pupillaire (NIOSH, 1976)
8. Dépression respiratoire
9. Vue brouillée
10. Oedème péripapillaire
11. Hyperémie du disque optique
12. Scotome (TDB (on-line), 1981)

13. Pâleur permanente du disque optique
14. Dégénérescence des cellules ganglioniques de la rétine et des fibres nerveuses
15. Dépression du système nerveux central
16. Acidose
17. Hémorragie pétéchiale dans les poumons
18. Cécité
19. Oedème pulmonaire
20. Décès (Doull, 1980)

7.5.2 Ingestion

1. Maux de tête
2. Vertige
3. Nausées
4. Vomissement
5. Vive douleur dans le haut de l'abdomen
6. Maux de dos (TDB (on-line), 1981)
7. Vue brouillée
8. Extrémités froides et moites
9. Diarrhée
10. Dyspnée
11. Nervosité motrice (TDB (on-line), 1981)
12 Hyperémie du disque optique
13. Lenteur du pouls (TDB (on-line), 1981)
14. Pupilles qui ne réagissent pas à la lumière
15. Délirium
16. Coma
17. Convulsions
18. Acidose
19. Cécité
20. Troubles neurologiques
21. Décès

7.5.3 Contact avec la peau

1. Irritation
2. Dermatite
3. Lésions cutanées
4. Dépression du système nerveux central
5. Cécité (NIOSH, 1976)
6. Diminution du rythme respiratoire
7. Convulsions
8. Papillite
9. Hémorragie du fond de l'oeil (TDB (on-line), 1981)
10. Arrêt cardiaque (TDB (on-line), 1981)
11. Arrêt respiratoire (TDB (on-line), 1981)
12. Décès

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation
2. Conjonctivite (ITII, 1981)

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre le méthanol et divers agents

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de vapeurs toxiques	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de gaz inflammables	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Source
En général														
Feu		●	●										Danger moyen d'explosion lorsque exposé à la flamme	Sax, 1979
Chaleur		●											Liquide inflammable	Sax, 1979
Corps														
Acide nitrique			●							●			Formation d'un esther explosif	Bretherick, 1979
Acide perchlorique			●										Formation de perchlorate de méthyle très explosif	NFPA, 1978
Alkylaluminium, solution d'			●							●				Bretherick, 1979
Anhydride chromique		●	●											NFPA, 1978
Brome			●							●				Bretherick, 1979
Bromure d'acétyle						●				●			Libération de gaz bromure d'hydrogène	Bretherick, 1979
Chlore		●	●											Bretherick, 1979
Chlorure cyanurique	●									●			Réaction exothermique	Bretherick, 1979
Dichlorométhane		●											Le dichlorométhane devient inflammable à l'air à 27 °C/100 kPa en présence de méthanol à une teneur volumique de moins de 0,5 p. 100.	Bretherick, 1979
Diéthylzinc		●	●							●				Bretherick, 1979
Dihydrure de beryllium										●			Réaction violente, même à -196 °C	Bretherick, 1979
Hydroxide de potassium	●													NFPA, 1978
Hydroxide de sodium	●												Lorsque mélangé avec du chloroforme	NFPA, 1978

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Source
Hypochlorite de sodium			●											Bretherick, 1979
Iode et oxyde mercurique			●										Le mélange des trois corps provoque une explosion	NFPA, 1978
Magnésium											●		Détonation possible	Bretherick, 1979
Perchlorate de baryum			●											Bretherick, 1979
Perchlorate de plomb			●											NFPA, 1978
Peroxyde d'hydrogène			●										Détonation possible causée par choc ou chaleur	Bretherick, 1979
Potassium		●									●		Lorsque mélangé à du chloroforme	Bretherick, 1979
Tert-butoxyde de potassium		●												Bretherick, 1979
Trioxyde de phosphore					●								Il peut y avoir carbonisation	Bretherick, 1979; NFPA, 1978
Groupes de corps														
Alcalis et métaux alcalino-terreux	●	●		●							●		Du gaz hydrogène inflammable est produit	EPA 600/2-80-076
Composés azo												●	Formation de gaz azote	Bretherick, 1979
Composés réagissant avec l'eau	●			●		●							Il peut y avoir une explosion ou une production de mélanges très instables; la réaction avec le méthanol peut être la même qu'avec l'eau.	EPA 600/2-80-076
Isocyanates	●												Formation de carbamates	EPA 600/2-80-076
Nitrures			●	●									Du gaz ammoniac inflammable est produit. La détonation des nitures peut causer une explosion.	EPA 600/2-80-076
Oxydants	●	●	●											EPA 600/2-80-076
Peroxydes organiques	●	●												EPA 600/2-80-076
Réducteurs		●	●	●									Du gaz hydrogène inflammable est produit.	EPA 600/2-80-076

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les brefs exposés qui figurent dans la présente section sont repris des ouvrages sur lesquels a porté notre enquête bibliographique. Leur formulation d'origine a été respectée afin d'éviter toute déformation de sens; ce faisant, il a été impossible d'empêcher que ne paraissent des contradictions entre les sources d'information. Toutefois, les contradictions touchant certaines mesures qui s'appliquent à des cas particuliers ne sont qu'apparentes, l'information pouvant être correcte ou non selon la situation. La mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Danger d'incendie. – Le méthanol est un liquide inflammable. Ses vapeurs peuvent se répandre au-delà de la zone polluée et s'enflammer. Les récipients peuvent exploser à la chaleur (ERG, 1980; GE, 1977).

9.1.2 Moyens d'extinction. – En se tenant à une distance sûre, refroidir les récipients menacés par les flammes au moyen de jets d'eau afin de prévenir une rupture de paroi (ERG, 1980; NFPA, 1978). Des jets d'eau directs ne doivent pas être utilisés en raison du risque de dispersion du méthanol et de propagation du feu (MCA, 1970).

Petit feu: poudre sèche, neige carbonique, eau pulvérisée, mousse anti-alcool.
Grand feu: eau pulvérisée, brouillard d'eau ou mousse.

Enlever les récipients de la zone d'incendie si cela peut être fait sans danger. Se tenir loin des extrémités des citernes (ERG, 1980).

9.1.3 Mesures d'intervention en cas de déversement

9.1.3.1 Information générale. – Arrêter l'écoulement ou en réduire le débit, si cela ne présente aucun danger. Éliminer toute source d'inflammation. Éviter tout contact cutané avec le produit ou toute inhalation de vapeurs (GE, 1977).

Une mousse de fluorocarbure et d'eau peut être appliquée sur le liquide déversé pour diminuer les vapeurs et les risques d'incendie (EPA 670/2-75-042). L'Hycar et le Carbopol, deux agents absorbants, peuvent être utilisés pour supprimer les vapeurs et confiner le méthanol déversé (ICI, 1982).

Les contenants perforés doivent être transportés en plein air ou isolés dans un endroit éloigné et bien ventilé et leur contenu doit être transvidé dans d'autres contenants appropriés (MCA, 1970).

Les matières recommandées pour obturer les fuites sont le polyester (sac à ordures ménagères Glad) et le polyester d'imide (EPA 600/2-76-300), la mousse d'uréthane Stafoam, la pâte de résine époxyde à l'épreuve de l'eau de mer et l'uréthane MSA (EPA 68-01-0106).

9.1.3.2 Déversement sur le sol. – Dans la mesure du possible, confiner les nappes à l'aide de barrages mécaniques ou chimiques pour empêcher le méthanol de se répandre (EPA 670/2-75-042). Enlever le méthanol avec des pompes ou un équipement aspirateur. Répandre des agents absorbants comme la vermiculite ou le charbon actif sur le sol pour récupérer tout le méthanol qui reste. Éliminer ces agents absorbants après utilisation.

9.1.3.3 Déversement dans l'eau. – Dans la mesure du possible, confiner la nappe au moyen de barrages naturels. Enlever ensuite le produit confiné avec des boyaux aspirateurs (EPA 670/2-75-042). Des agents absorbants comme le zéolite F (forme K), le clinoptilotite et le charbon actif peuvent également servir dans les cas de nettoyage sur place (CG-D-38-76). L'eau polluée peut être récupérée si possible pour traitement. Du charbon actif peut être appliqué à raison de 10 p. 100 de la quantité de produit déversé sur les aires touchées par une teneur de 10 mg/l ou plus. Récupérer ensuite les agents absorbants à l'aide de dragues mécaniques ou d'autres appareils de manutention (EPA 170/2-75-042).

9.1.4 Nettoyage et traitement

9.1.4.1 Information générale. – Les procédés de traitement suivants ont prouvé leur applicabilité dans les cas de déversement accidentel.

Procédé	% d'élimination (TSA, 1980)
Extraction biologique	30 à 85
Osmose inverse	0 à 40
Absorption à l'aide de charbon actif	4 à 33

L'osmose inverse a été utilisée pour éliminer le méthanol. Une membrane (NS-200) a pu éliminer environ 40 p. 100 du produit; les membranes de polyamide aromatique (B9) et de polyéthylèneimine réticulée (Ns-100) en éliminent environ 30 p. 100 (Fang, 1976).

9.1.5 Élimination du polluant. – Le méthanol recueilli sur les lieux d'un déversement ne doit jamais être rejeté dans les eaux de surface ou dans un égout. De grandes quantités peuvent être éliminées par une compagnie licenciée d'élimination de déchets à base de solvants; sinon, le méthanol peut être récupéré par filtration et distillation. Il peut également être brûlé (GE, 1977).

9.1.6 Appareils et vêtements de protection. – Avant d'entrer dans une zone où ni le produit déversé ni ses propriétés ne sont connues, il faut revêtir un scaphandre résistant aux agents chimiques.

Si le produit déversé est du méthanol:

- L'équipe d'intervention doit porter des vêtements étanches, des gants, des visières pare-acide (de 20 cm au minimum) et tout autre vêtement requis pour prévenir tout risque de contact cutané répété ou prolongé avec l'alcool méthylique (NIOSH/OSHA, 1981);
- Des lunettes de sécurité sont nécessaires s'il y a risque d'éclaboussures dans les yeux (NIOSH/OSHA, 1981; MCA, 1970);
- Il est recommandé de porter des vêtements et des gants en polyvinyle, en néoprène ou en caoutchouc (OHM-TADS, 1981);
- Le caoutchouc butylique, le néoprène et le PVC sont considérés comme d'excellents matériaux pour la fabrication de scaphandres de protection contre le méthanol (EE-20);
- Les matériaux de fabrication suivants ont donné des temps de protection supérieurs à une heure: le caoutchouc butylique, le nitrile et le Viton. Les matériaux suivants ont donné des temps de protection d'environ une heure: le polyéthylène, le caoutchouc naturel, le néoprène, le polyéthylène chloré, le polyuréthane et le caoutchouc de styrène-butadiène. Les matériaux suivants ont donné des temps de protection de moins d'une heure: l'alcool polyvinylique et le chlorure de polyvinyle (Little, 1983);

- Tout vêtement trempé d'alcool méthylique liquide doit être enlevé immédiatement et ne peut être porté à nouveau aussi longtemps que l'alcool méthylique n'en a pas été enlevé (NIOSH/OSHA, 1981);
- On doit trouver sur les lieux de l'intervention des bains oculaires automatiques et des douches à fort débit, faciles d'accès (GE, 1977);
- Les appareils respiratoires suivants constituent la protection minimale recommandée pour les personnes travaillant en présence de méthanol (NIOSH/OSHA, 1981).

Protection minimale du système respiratoire pour une teneur supérieure à 200 ppm

Situation	Équipement*
2000 ppm ou moins	Tout appareil respiratoire à adduction d'air. Tout appareil respiratoire autonome.
10 000 ppm ou moins	Tout appareil à adduction d'air muni d'un masque couvre-visage, d'un casque ou d'une cagoule. Tout appareil respiratoire autonome muni d'un masque couvre-visage.
25 000 ppm ou moins	Ensemble comprenant un appareil respiratoire à adduction d'air de type C avec masque couvre-visage pulmo-commandé à surpression ou alimenté par tout autre système à pression superatmosphérique ou avec un masque couvre-visage, un casque ou une cagoule pulmo-commandé/à débit constant.
Plus de 25 000 ppm ou pénétration et évacuation lorsque teneur inconnue	Appareil respiratoire autonome muni d'un masque couvre-visage pulmo-commandé à surpression ou alimenté par tout autre système à pression superatmosphérique. Ensemble comprenant un appareil respiratoire à adduction d'air de type C avec masque couvre-visage pulmo-commandé à surpression ou alimenté par tout autre système à pression superatmosphérique ou encore pulmo-commandé/à débit constant et un appareil respiratoire autonome auxiliaire pulmo-commandé à surpression ou alimenté par tout autre système à pression superatmosphérique.
Lutte contre l'incendie	Appareil respiratoire autonome avec masque couvre-visage pulmo-commandé à surpression ou alimenté par tout autre système à pression superatmosphérique.
Évacuation d'urgence	Tout appareil respiratoire autonome pour évacuation d'urgence.

*Seuls les appareils homologués par le NIOSH ou la OSHA doivent être utilisés.

9.1.7 Entreposage. – Il faut entreposer le méthanol dans un local bien aéré, à l'épreuve des incendies. Les récipients doivent être mis à la terre et reliés entre eux. Il faut utiliser des outils antidéflagrants. Garder les récipients loin des sources de chaleur ou d'inflammation. Il est défendu de fumer là où du méthanol est stocké ou utilisé. Tenir les récipients éloignés des oxydants (GE, 1977).

9.2 Équipement, techniques et produits spécialisés d'intervention

La liste qui suit est extraite d'une étude antérieure (Dillon, 1982) et n'est pas exhaustive. On trouvera, dans l'étude citée, plus de détails sur les caractéristiques, l'efficacité et la disponibilité des moyens proposés.

Colmatage de fuites	Plug N' Dike
	Système Rockwell de colmatage des fuites extérieures
Retenue sur terre	Système Pak Dike «MSAR»
	Système Portafoam
Entreposage temporaire	Sacs collecteurs portatifs
Agents de nettoyage	Hazorb (sorbant)

10 CAS DE DÉVERSEMENT ACCIDENTEL

10.1 Information générale

On trouve relatés plusieurs cas de déversements accidentels de méthanol. Le cas mentionné ci-dessous a été choisi principalement parce qu'il a permis d'obtenir une information précieuse, susceptible de servir à l'occasion d'autres accidents.

10.2 Déraillement d'un train (PC BCMOE, 1982; HMIR, 1982)

Un éboulement dans une région éloignée a fait dérailler un train comptant 16 wagons-citernes contenant chacun environ 134 000 litres de méthanol. Deux wagons-citernes ont été précipités du haut de la falaise jusque dans la rivière où un wagon-citerne a perdu tout son contenu et le second, une grande partie. Deux autres wagons ont été perforés par des rochers et des attelages, mais comme ils se sont immobilisés avec leurs extrémités défoncées vers le haut, ils n'ont déversé que de petites quantités de méthanol.

Les équipes de secours sont arrivées sur les lieux avec des grues montées sur des wagons ainsi que de l'équipement lourd pour libérer les voies ferrées. Les fuites mineures provenant des dômes des wagons-citernes renversés ont été colmatées à l'aide de fil de plomb et de bouchons de caoutchouc ou de bois. Des digues de terre ont été construites pour confiner le méthanol déversé; cependant, ces efforts ont été vains car le méthanol s'infiltrait à travers les digues. Il y avait très peu de vapeurs de méthanol, la basse température diminuant la vitesse de vaporisation.

Le transvasement du méthanol des wagons-citernes renversés à de nouveaux wagons-citernes s'est fait le lendemain. Il a fallu 5 jours pour rouvrir la voie à la circulation et terminer le nettoyage.

Au cours de cet accident, 466 000 litres de méthanol ont été déversés dans la rivière. Les analyses de l'eau de cette rivière ont indiqué que la teneur en méthanol ne présentait aucun danger immédiat pour les approvisionnements en eau et que le méthanol serait vite dilué jusqu'à des teneurs non décelables. C'est heureux qu'il y ait eu suffisamment d'eau pour diluer le méthanol. On n'a pas observé de cas de poisson tué, bien qu'aucune étude environnementale particulière n'ait été faite.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DU POLLUANT

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage d'un polluant chimique d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées, et décrit sommairement celles qui s'appliquent au produit chimique en cause. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association (AWWA), de l'American Society for Testing and Materials (ASTM) et de l'American National Standards Institute (ANSI).

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché, et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons indiqués.

11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Chromatographie en phase gazeuse (NIOSH, 1977). – On peut détecter des teneurs de l'air en méthanol de 140 à 540 mg/m^3 (107 à 412 ppm) grâce à la chromatographie en phase gazeuse. Un volume d'air mesuré est aspiré dans un tube de gel de silice de 7 cm x 6 mm de diamètre extérieur contenant deux sections de gel de silice, à granulométrie 20/40 (mesh), séparées par une portion de mousse d'uréthane d'une épaisseur de 2 mm. La première section contient 100 mg tandis que la seconde ne contient que 50 mg. Un bouchon de laine de verre est placé devant l'ouverture de la section absorbante. Il est recommandé de prendre un échantillon de 5 l d'air prélevé à raison de 200 ml/mn.

Le tube de gel de silice est rayé avant la première section de gel de silice et brisé. La majeure partie du gel de silice est transférée dans un contenant à échantillon de 2 ml, muni d'un bouchon, contenant 1 ml d'eau distillée. On répète l'opération avec la deuxième section. L'échantillon doit être désorbé pendant 4 heures. Une portion de 5 μl d'échantillon est injectée dans un chromatographe à gaz équipé d'un détecteur à flamme ionisante.

La présence de méthanol est décelée par un intégrateur électronique qui mesure l'aire sous la courbe en fonction d'une courbe d'étalonnage. Voici les conditions de fonctionnement d'un chromatographe à gaz type: colonne d'acier inox de 10 pi x 1/8 de po de diamètre garnie de FFAP à 10 p. 100 sur Chromosorb W-AW à granulométrie 80/100 (mesh); débit du gaz vecteur (azote) de 30 ml/mn; débit d'hydrogène de 30 ml/mn; débit de l'air à 300 ml/mn; température de l'injecteur de 200 °C; température du détecteur de 300 °C; et une température de la colonne de 80 °C.

11.2 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyse quantitative)

11.2.1 Chromatographie en phase gazeuse (ASTM, 1979). – On peut déceler des teneurs de l'eau en méthanol de 140 à 540 mg/m^3 (107 à 412 ppm) en injectant directement

l'échantillon d'eau dans le chromatographe à gaz équipé d'un détecteur à flamme ionisante. Un volume minimal de 2 l d'un échantillon représentatif est recueilli dans une bouteille de verre propre à couvercle vissant de fluorocarbone TFE garni de papier d'aluminium. Un échantillon de 2 à 5 µl est injecté dans un chromatographe à gaz équipé d'un détecteur à flamme ionisante. L'indice Kovats ou le temps de retenue est utilisé pour identifier le composé, et la surface sous le pic peut servir pour quantifier le composé par comparaison directe avec les réponses d'étalons.

Les conditions types de fonctionnement du chromatographe en phase gazeuse sont: détecteur à flamme ionisante; débit de gaz vecteur (hélium) de 45 ml/mn; température de l'injecteur de 200 °C; température du détecteur de 250 °C; température de la colonne de 50 à 250 °C à 8 °C/mn; colonne d'acier inox de 20 pi par 1/8 po de diamètre extérieur garnie de Carbowax 20M (5 p. 100) à granulométrie 80/100 AW, Chromosorb W.

11.3 Dosage du polluant présent dans le sol (analyse quantitative)

11.3.1 Chromatographie en phase gazeuse (ASTM, 1979; NIOSH, 1977). – On peut déceler des teneurs en méthanol de 140 à 540 mg/m^3 (107 à 412 ppm) de la solution d'extraction à l'aide d'un détecteur à flamme ionisante. On introduit dans un flacon en verre environ 20 g de sol pesé avec précision et séché par addition de sulfate de magnésium. On utilise une quantité appropriée de fréon 113 (trichloro-1,1,2 trifluoro-1,2,2 éthane) pour extraire le méthanol du sol. Le fréon est distillé dans le flacon chauffé à 70 °C sur un bain-marie. On fait passer de l'air dans le flacon pendant la dernière minute pour éliminer toute trace de fréon. On dissout le résidu dans du disulfure de carbone et une portion adéquate du résidu dissous est injectée dans un chromatographe à gaz pourvu d'un détecteur à flamme ionisante. La présence de méthanol est décelée par un intégrateur électronique qui mesure l'aire sous la courbe en fonction d'une courbe d'étalonnage.

Voici les conditions de fonctionnement d'un chromatographe à gaz type: colonne d'acier inox de 10 pi x 1/8 de po de diamètre garnie de FFAP à 10 p. 100 sur Chromosorb W DMCS lavé à l'acide à 195 °C (à granulométrie 80/100); température du détecteur de 250 °C; débit du gaz vecteur (azote) de 50 ml/mn; débit d'hydrogène de 65 ml/mn; débit d'air de 500 ml/mn.

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

(reproduction intégrale de la version anglaise)

12.1 Références

AAR 1981: BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA. (May, 1981).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, Philadelphia, PA, D3695, D1192-70, D3370. (1979).

ASTM 1980: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, Philadelphia, PA, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

Breszkiewicz 1979: Breszkiewicz, E., Van Hoi, D., Matusiak, K., "Effect of Methyl Alcohol and Ethylene Glycol on the Work of Activated Sludge", Acta Microbiol. Pol., Vol. 28, No. 3, pp. 255-260. (1979).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CCD 1977: Hawley, G.G., The Condensed Chemical Dictionary, Ninth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY. (1977).

CCP 1981(a): Lauzon, M., "Versatility Key to Methanol Boom", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 3, pp. 59-62. (27 March 1981).

CCP 1981(b): "MTBE Unit for the West?", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 7, p. 16. (October, 1981).

CCPA 1981: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX. (1967).

Celanese MSDS 1978: Celanese Chemical Company, Inc., Material Safety Data Sheet, Montreal, Quebec. (1978).

Celanese PB: Celanese Chemical Company, Inc., Product Bulletin, Dallas, TX. Not dated.

CG-D-38-76: Bauer, W.H., Borton, D.N., et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute, for the U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-38-76. (August, 1975).

Chem. Eng. 1976: Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 83, No. 12, pp. 119-127. (7 June 1976).

Chemfacts 1982: Chemfacts Canada, IPC Industrial Press Limited, Surrey, England. (1982).

CHIPS 1980: Chemical Hazard Information Profiles (CHIPS), U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pesticides and Toxic Substances, Washington, DC. (1980).

CHRIS 1974: U.S. Department of Transportation, CHRIS Hazard Assessment Handbook, U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-446-3. (April, 1974).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC. (1978).

Corpus 1984: Corpus Information Services Ltd., "Methanol", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (August, 1984).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI. (1978).

* Dillon 1982: M.M. Dillon, Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1982).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, OH. (1981).

Doull 1980: Doull, J., Klaassen, C.D., Amdur, M.O., Casarett's and Doull's Toxicology - The Basic Science of Poisons, Second Edition, Collier Macmillan Canada Inc., Toronto, Ontario. (1980).

Dow PPS 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, MI, Brochure 178-102-72. (1972).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

* EE-20: Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Unedited Version. Not dated.

EPA 600/2-76-300: Vrolyk, J.J., et al., Prototype System for Plugging Leaks in Ruptured Containers, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 600/2-76-300. (December, 1976).

EPA 600/2-80-076: Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. (April, 1980).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

* Publié également en français.

EPA 68-01-0106: Mitchell, R.C., et al., Feasibility of Plastic Foam Plugs for Sealing Leaking Chemical Containers, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 68-01-0106. (May, 1973).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC. (1980).

Fang 1976: Fang, H.H.P., Chian, E.S.K., "Reverse Osmosis Separation of Polar Organic Compounds in Aqueous Solution", Environ. Sci. Technol., Vol. 10, No. 4, pp. 364-369. (1976).

FKC 1975: Lowenheim, F.A., Moran, M.K., Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY. (1975).

GE 1977: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, "Methanol", Material Safety Information Services, Schenectady, NY. (November, 1977).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA. Not dated.

Gillette 1952: Gillette, L.A., Miller, D.L., Redman, H.E., "Appraisal of a Chemical Waste Problem by Fish Toxicity Test", Sewage Ind. Wastes, Vol. 24, pp. 1397-1401. (1952).

Gloyna 1963: Gloyna, E.F., Malina, J.F. Jr., "Petrochemical Wastes Effects on Water", Water and Sewage Works, R-273. (1963).

GPP: Uniroyal Inc., Guide to Polymer Properties, Mishawaka, IN. Not dated.

Hansch and Leo 1979: Hansch, C., Leo, A., Substitute Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, John Wiley & Sons Inc., New York, NY. (1979).

HMIR 1982: World Information Systems, "Rockslide Derails Methanol Tankers in British Columbia, Hazardous Material Intelligence Report, p. 7. (16 April 1982).

ICI 1982: Imperial Chemical Industries (ICI), Treatment of Organic Compounds, Appendix 7, Cheshire, England. (April, 1982).

ISH 1977: Mellan, I., Industrial Solvents Handbook, Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ. (1977).

ITII 1981: International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

Johnson 1980: Johnson, W.W., Finley, M.T., Handbook of Acute Toxicity of Chemicals to Fish and Aquatic Invertebrates, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC. (1980).

Jones 1971: Jones, H.R., Environmental Control in the Organic and Petrochemical Industries, Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ, pp. 8-25. (1971).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, NY. (1979).

JWPCF 1983: Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 55, No. 6. (1983).

Kirk-Othmer 1981: Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 15, John Wiley & Sons Inc., New York, NY. (1981).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY. (1979).

* Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA. (1980).

Liley 1982: Liley, P.E., "Thermodynamic Properties of Methanol", Chemical Engineering, pp. 59-60. (November 29, 1982).

Little 1983: Schwope, A.D., Costas, P.P., Jackson, J.O., Weitzman, D.J., Guidelines for the Selection of Chemical Protective Clothing, Arthur D. Little Inc., for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. (1983).

MCA 1970: Manufacturing Chemists Association, "Methanol", Washington, DC. (1970).

Merck 1976: Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, NJ. (1976).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, MA. (1978).

NIOSH 1976: National Institute for Occupational Safety and Health, Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to Methanol, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Cincinnati, OH. (1976).

NIOSH 1977: National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 2, S. 59, Cincinnati, OH. (April, 1977).

NIOSH Guide 1978: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, DC. (1978).

NIOSH/OSHA 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC. (1981).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Owen 1969: Owen, T.C., Characterization of Organic Compounds by Chemical Methods, Marcel Dekker, Inc., New York, NY, p. 155. (1969).

PC BCMOE 1982: Personal Communication, British Columbia Ministry of Environment, Kootenay Region, British Columbia. (15 June 1982).

* Publié également en français.

Perry 1973: Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY. (1973).

Portman 1970: Portman, J.E., The Toxicity of 120 Substances to Marine Organisms, Shellfish Information Leaflet, Fisheries Experimental Station, Conway, N. Wales; Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. (September, 1970).

Price 1974: Price, K.S., Waggy, G.T., Conway, R.A., "Brine Shrimp Bioassay and Seawater BOD of Petrochemicals", J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 46, No. 1, (January, 1974).

Rosenstock 1977: Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, DC. (1977).

Rouse 1961: Rouse, H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York, NY. (1961).

* RTDCR 1974: Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH. (September, 1980).

Ryerman 1966: Ryerman, A.W., Prabhakava Rho, A.V.S., Buzzell, J.C. Jr., Behaviour of Organic Chemicals in the Aquatic Environment, Manufacturing Chemists Association, Washington, DC. (1966).

Sax 1979: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY. (1979).

Sax 1981: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials Report, Vol. 1, No. 4, p. 79. (May/June, 1981).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY. (1971).

Sussex 1977: Pedley, J.B., Rylance, J., Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England. (1977).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL. (May, 1979).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, DC. (1981).

TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

Temple 1978: Temple, R.E., et al., "A New Universal Sorbent for Hazardous Spills", Proceedings of 1978 National Conference on Control of Hazardous Materials. (1978).

* Publié également en français.

TLV 1983: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV*s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983, Cincinnati, OH. (1983).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA. (1978).

TSA 1980: Shuckrow, A.J., Pajak, A.P., Osheka, J.W., Concentration Technologies for Hazardous Aqueous Waste Treatment, Touhill, Shuckrow and Associates, Inc., Pittsburgh, PA. (1980).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie der technishen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim. (1975).

USDHEW 1977: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) No. 77-181. (1977).

Verschueren 1984: Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY. (1984).

WQC 1963: McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

12.2 Bibliographie

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, OH. (1981).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV*s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983, Cincinnati, OH. (1983).

American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, Philadelphia, PA, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, Philadelphia, PA, D3695, D1192-70, D3370. (1979).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

Bauer, W.H., Borton, D.N., et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute, for the U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-38-76. (August, 1975).

BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA. (May, 1981).

Breszkiewicz, E., Van Hoi, D., Matusiak, K., "Effect of Methyl Alcohol and Ethylene Glycol on the Work of Activated Sludge", Acta Microbiol. Pol., Vol. 28, No. 3, pp. 255-260. (1979).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Unedited Version. Not dated.

The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

Celanese Chemical Company, Inc., Material Safety Data Sheet, Montreal, Quebec. (1978).

Celanese Chemical Company, Inc., Product Bulletin, Dallas, TX. Not dated.

Chemfacts Canada, IPC Industrial Press Limited, Surrey, England. (1982).

Chemical Hazard Information Profiles (CHIPS), U.S. Envrionmental Protection Agency, Office of Pesticides and Toxic Substances, Washington, DC. (1980).

Corpus Information Services Ltd., "Methanol", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (August, 1984).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY. (1979).

* M.M. Dillon, Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1982).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Doull, J., Klaassen, C.D., Amdur, M.O., Casarett's and Doull's Toxicology - The Basic Science of Poisons, Second Edition, Collier Macmillan Canada Inc., Toronto, Ontario. (1980).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI. (1978).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, MI, Brochure 178-102-72. (1972).

Fang, H.H.P., Chian, E.S.K., "Reverse Osmosis Separation of Polar Organic Compounds in Aqueous Solution", Environ. Sci. Technol., Vol. 10, No. 4, pp. 364-369. (1976).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL. (May, 1979).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, "Methanol", Material Safety Information Services, Schenectady, NY. (November, 1977).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA. Not dated.

Gillette, L.A., Miller, D.L., Redman, H.E., "Appraisal of a Chemical Waste Problem by Fish Toxicity Test", Sewage Ind. Wastes, Vol. 24, pp. 1397-1401. (1952).

* Publié également en français.

Gloyna, E.F., Malina, J.F. Jr., "Petrochemical Wastes Effects on Water", Water and Sewage Works, R-273. (1963).

Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 15, John Wiley & Sons Inc., New York, NY. (1981).

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA. (1978).

Hansch, C., Leo, A., Substitute Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, John Wiley & Sons Inc., New York, NY. (1979).

Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. (April, 1980).

Hawley, G.G., The Condensed Chemical Dictionary, Ninth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY. (1977).

Imperial Chemical Industries (ICI), Treatment of Organic Compounds, Appendix 7, Cheshire, England. (April, 1982).

International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, NY. (1979).

Johnson, W.W., Finley, M.T., Handbook of Acute Toxicity of Chemicals to Fish and Aquatic Invertebrates, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC. (1980).

Jones, H.R., Environmental Control in the Organic and Petrochemical Industries, Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ, pp. 8-25. (1971).

Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 55, No. 6. (1983).

Lauzon, M., "Versatility Key to Methanol Boom", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 3, pp. 59-62. (27 March 1981).

* Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA. (1980).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH. (September, 1980).

Liley, P.E., "Thermodynamic Properties of Methanol", Chemical Engineering, pp. 59-60. (November 29, 1982).

Lowenheim, F.A., Moran, M.K., Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY. (1975).

* Publié également en français.

Manufacturing Chemists Association, "Methanol", Washington, DC. (1970).

McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

Mellan, I., Industrial Solvents Handbook, Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ. (1977).

Mitchell, R.C., et al., Feasibility of Plastic Foam Plugs for Sealing Leaking Chemical Containers, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 68-01-0106. (May, 1973).

"MTBE Unit for the West?", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 7, p. 16. (October, 1981).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, MA. (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to Methanol, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Cincinnati, OH. (1976).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 2, S. 59, Cincinnati, OH. (April, 1977).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC. (1981).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Owen, T.C., Characterization of Organic Compounds by Chemical Methods, Marcel Dekker, Inc., New York, NY, p. 155. (1969).

Pedley, J.B., Rylance, J., Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England. (1977).

Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY, (1973).

Personal Communication, British Columbia Ministry of Environment, Kootenay Region, British Columbia. (15 June 1982).

Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

Portman, J.E., The Toxicity of 120 Substances to Marine Organisms, Shellfish Information Leaflet, Fisheries Experimental Station, Conway, N. Wales; Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. (September, 1970).

Price, K.S., Waggy, G.T., Conway, R.A., "Brine Shrimp Bioassay and Seawater BOD of Petrochemicals", J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 46, No. 1. (January, 1974).

Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, DC. (1977).

Rouse, H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York, NY. (1961).

Ryerman, A.W., Prabhakava Rho, A.V.S., Buzzell, J.C. Jr., Behaviour of Organic Chemicals in the Aquatic Environment, Manufacturing Chemists Association, Washington, DC. (1966).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials Report, Vol. 1, No. 4, p. 79. (May/June, 1981).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY. (1979).

Schwope, A.D., Costas, P.P., Jackson, J.O., Weitzman, D.J., Guidelines for the Selection of Chemical Protective Clothing, Arthur D. Little Inc., for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. (1983).

Shuckrow, A.J., Pajak, A.P., Osheka, J.W., Concentration Technologies for Hazardous Aqueous Waste Treatment, Touhill, Shuckrow and Associates, Inc., Pittsburgh, PA. (1980).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY. (1971).

Temple, R.E., et al. "A New Universal Sorbent for Hazardous Spills", Proceedings of 1978 National Conference on Control of Hazardous Materials. (1978).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, DC. (1981).

* Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim. (1975).

Uniroyal Inc., Guide to Polymer Properties, Mishawaka, IN. Not dated.

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

* Publié également en français.

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, DC. (1978).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) No. 77-181. (1977).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC. (1980).

U.S. Department of Transportation, CHRIS Hazard Assessment Handbook, U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-446-3. (April, 1974).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC. (1978).

Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY. (1984).

Vrolyk, J.J., et al., Prototype System for Plugging Leaks in Ruptured Containers, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 600/2-76-300. (December, 1976).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH. (1980).

Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, NJ. (1976).

World Information Systems, "Rockslide Derails Methanol Tankers in British Columbia, Hazardous Material Intelligence Report, p. 7. (16 April 1982).

Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 83, No. 12, pp. 119-127. (7 June 1976).